

p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

**Natural and Technical Sciences, III(8), ISSUE 73, 2015**

**SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION**

**NATURAL  
AND  
TECHNICAL SCIENCES**



[www.seanewdim.com](http://www.seanewdim.com)

**p-ISSN 2308-5258**

**e-ISSN 2308-1996**

III(8), Issue 73, 2015

**SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION**

**Natural and Technical Sciences**



Editorial board

**Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos**

**Honorary Senior Editor:**

**Jenő Barkáts, Dr. habil. Nina Tarasenkova, Dr. habil.**

**Andriy Myachykov**, PhD in Psychology, Senior Lecturer, Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

**Edvard Ayvazyan**, Doctor of Science in Pedagogy, National Institute of Education, Yerevan, Armenia

**Ferenc Ihász**, PhD in Sport Science, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

**Ireneusz Pyrzyk**, Doctor of Science in Pedagogy, Dean of Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

**Irina Malova**, Doctor of Science in Pedagogy, Head of Department of methodology of teaching mathematics and information technology, Bryansk State University named after Academician IG Petrovskii, Russia

**Irina S. Shevchenko**, Doctor of Science in Philology, Department of ESP and Translation, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

**Kosta Garow**, PhD in Pedagogy, associated professor, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

**László Kótis**, PhD in Physics, Research Centre for Natural Sciences, Hungary, Budapest

**Larysa Klymanska**, Doctor of Political Sciences, associated professor, Head of the Department of Sociology and Social Work, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**Liudmyla Sokurianska**, Doctor of Science in Sociology, Prof. habil., Head of Department of Sociology, V.N. Karazin Kharkiv National University

**Marian Wloshinski**, Doctor of Science in Pedagogy, Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

**Melinda Nagy**, PhD in Biology, associated professor, Department of Biology, J. Selye University in Komarno, Slovakia

**Alexander Perekhrest**, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Nikolai N. Boldyrev**, Doctor of Science in Philology, Professor and Vice-Rector in Science, G.R. Derzhavin State University in Tambov, Russia

**Oleksii Marchenko**, Doctor of Science in Philosophy, Head of the Department of Philosophy and Religious Studies, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Olga Sannikova**, Doctor of Science in Psychology, professor, Head of the department of general and differential psychology, South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odesa, Ukraine

**Oleg Melnikov**, Doctor of Science in Pedagogy, Belarusian State University, Belarus

**Riskeldy Turgunbayev**, CSc in Physics and Mathematics, associated professor, head of the Department of Mathematical Analysis, Dean of the Faculty of Physics and Mathematics of the Tashkent State Pedagogical University, Uzbekistan

**Roza Uteeva**, Doctor of Science in Pedagogy, Head of the Department of Algebra and Geometry, Togliatti State University, Russia

**Seda K. Gasparyan**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Yerevan State University, Armenia

**Svitlana A. Zhabotynska**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Tatyana Prokhorova**, Doctor of Science in Pedagogy, Professor of Psychology, Department chair of pedagogics and subject technologies, Astrakhan state university, Russia

**Tetiana Hranchak**, Doctor of Science Social Communication, Head of department of political analysis of the Vernadsky National Library of Ukraine

**Valentina Orlova**, Doctor of Science in Economics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

**Vasil Milloushev**, Doctor of Science in Pedagogy, professor of Department of Mathematics and Informatics, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Plovdiv, Bulgaria

**Veselin Kostov Vasilev**, Doctor of Psychology, Professor and Head of the department of Psychology Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

**Vladimir I. Karasik**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Volgograd State Pedagogical University, Russia

**Volodimir Lizogub**, Doctor of Science in Biology, Head of the department of anatomy and physiology of humans and animals, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Zinaida A. Kharitonchik**, Doctor of Science in Philology, Department of General Linguistics, Minsk State Linguistic University, Belarus

**Zoltán Poór**, CSc in Language Pedagogy, Head of Institute of Pedagogy, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

Managing editor:

**Barkáts N.**

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

The journal is published by the support of Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe  
BUDAPEST, 2015

**Statement:**

By submitting a manuscript to this journal, each author explicitly confirms that the manuscript meets the highest ethical standards for authors and coauthors. Each author acknowledges that fabrication of data is an egregious departure from the expected norms of scientific conduct, as is the selective reporting of data with the intent to mislead or deceive, as well as the theft of data or research results from others. By acknowledging these facts each author takes personal responsibility for the accuracy, credibility and authenticity of research results described in their manuscripts. All the articles are published in author's edition.

**The journal is listed and indexed in:**

INDEX COPERNICUS:	ICV 2014: <b>70.95</b>
INNO SPACE SCIENTIFIC JOURNAL IMPACT FACTOR:	2013: <b>2.642</b> ; 2014: <b>4,685</b>
ISI (INTERNATIONAL SCIENTIFIC INDEXING) IMPACT FACTOR:	2013: <b>0.465</b> ; 2014: <b>1.215</b>
DIRECTORY OF RESEARCH JOURNAL INDEXING	
ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY	
UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK	
SCRIBD	
ACADEMIA.EDU	
GOOGLE SCHOLAR	



## CONTENT

<b>MEDICINE, PHYSICAL REHABILITATION AND SPORT</b> .....	7
Влияние блокады оксида азота на экскреторную функцию почек в условиях гипофункции эпифиза <i>С.Б. Семененко, И.П. Тимофийчук, Т.П. Савчук, К.В. Слободян, А.В. Марущак, Н.Я. Васкул, Л.Р. Рудницкая</i> .....	7
Вивчення рівня фізичного здоров'я юнаків гірських районів Закарпаття за метаболічним рівнем анаеробного енергозабезпечення <i>О.А. Дуло</i> .....	10
Динаміка показників варіабельності серцевого ритму у здорових осіб молодого віку під впливом діафрагмального дихання в режимі біологічного зворотного зв'язку <i>В.П. Фекета, К.П. Мелега, О.С. Паламарчук</i> .....	14
<b>VETERINARY SCIENCE</b> .....	18
Blood biochemical parameters and associated interpretations in sport horses <i>I. Maksymovych, L. Slivinska, K. Buczek, M. Staniec, A. Milczak</i> .....	18
<b>BIOLOGY</b> .....	21
Coprophilous microfungi of the genus <i>Sporormiella</i> Ellis & Everh. from Ukraine <i>O.V. Korolyova</i> .....	21
Biochemické markery lipidového profilu u mužov a žien s kardiovaskulárnymi ochoreniami v okrese Bardejov (východné Slovensko) <i>M. Mydlárová Blaščáková, E. Blaščáková, M. Nagy, J. Mydlár, J. Poráčová</i> .....	25
Спеціальна підготовленість та стан біоенергетики футболістів 14-15 років з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи <i>В.С. Лизогуб, В.О. Пустовалов, В.О. Супрунович, С.В. Гречуха</i> .....	29
Таксономічна структура урбанобріофлори Миколаєва та прилеглих територій <i>О.С. Комісар</i> .....	33
<b>ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION</b> .....	36
Накопичення важких металів у деревних породах промислової та транспортної зонах м. Миколаєва <i>А.М. Космачова, А.Л. Цикало</i> .....	36
Zn hatásának vizsgálata szivárványos guppi lárvák túlélésére és szívverésének intenzitására <i>Holis D., Simon E.</i> .....	40
Биоконверсия тяжелых металлов в фиторемедиационных технологиях доочистки и очистки сточных вод <i>Е.А. Петракова, Л.Н. Анищенко</i> .....	44
Оценка экологической эффективности территориальной системы техногенной безопасности <i>В.М. Попов, О.В. Миргород, Н.С. Цапко</i> .....	48
<b>GEOGRAPHY</b> .....	53
Význam klastrov cestovného ruchu v regionálnom rozvoji <i>J. Mydlár</i> .....	53
Морфоструктура Костопольской денудационной равнины <i>А.С. Будько</i> .....	57

<b>ASTROPHYSICS</b> .....	62
П'ятихвилинні коливання яскравості Сонця <i>М.Ю. Скульський, М.І. Стоділка</i> .....	62
<b>PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES</b> .....	68
Methods of description of the structure of amorphous substances <i>E.I. Borkach, V.P. Ivanitsky, V.S. Kovtunenکو</i> .....	68
О максимальном полувнутреннем $\omega$ -спутнике $\omega$ -вверной формации конечных групп <i>М.М. Сорокина, Р.А. Макухин</i> .....	75
Вплив податливості до зсуву та стиснення на деформативність рівномірно нагрітої композитної пластини-смуги <i>М.В. Марчук, В.С. Пакош</i> .....	79
<b>TECHNICAL SCIENCES</b> .....	82
The efficiency improvement of the permanent voice control over the ATC actions <i>V.A. Temnikov, A.V. Peteichuk</i> .....	82
Methodology of selecting optimal parameters of OFDM- SCC in conditions of selective stopping in radio path <i>S.V. Toliupa, I.I. Parkhomenko</i> .....	85
Математико-статистичний аналіз морфометричних властивостей рельєфу <i>В. Мельник, Ю. Бліндер, О. Піскунова</i> .....	88
Компарментальні методи картографічної оцінки урбанізованості територій та зонінгу населених пунктів <i>В. Мельник, О. Верешко, Л. Вакулюк</i> .....	93
Разработка новой технологии дегазации резервуаров хранения светлых нефтепродуктов <i>С.В. Гарбуз, А.А. Ковалёв</i> .....	98
Новое в технологии ликероводочных напитков <i>В.Л. Завьялов, В.С. Бодров, Н.В. Попова, Т.Г. Мисюра, Ю.В. Запорожец, А.В. Рыбачок, Ю.Ю. Прищепа, Н.В. Лапина, Г.В. Ляшко</i> .....	103
Технология модифицирования аграрной аммиачной селитры в производстве энергоконденсированных систем <i>И.Л. Коваленко, Д.В. Киященко</i> .....	107
Дослідження колориметричних параметрів відбитків за стандартом ISO 12647-2:2013 <i>Б.М. Ковальський, Н.В. Занько, Н.С. Писанчин, М.В. Шовгенюк</i> .....	111

## Влияние блокады оксида азота на экскреторную функцию почек в условиях гипофункции эпифиза

С.Б. Семененко, И.Р. Тимофийчук\*, Т.П. Савчук, К.В. Слободян, А.В. Марущак, Н.Я. Васкул, Л.Р. Рудницкая

Буковинский государственный медицинский университет, г. Черновцы, Украина

\*Corresponding author. E-mail: inga.timofiychuk@mail.ru

Paper received 22.11.15; Revised 28.11.15; Accepted for publication 02.12.15.

**Аннотация.** В работе рассмотрено влияние блокады оксида азота (NO) на экскреторную функцию почек на фоне гипофункции эпифиза. Для исследования роли NO в экскреторной регуляции функции почек подопытным животным, которые находились в условиях гипофункции эпифиза, блокировали его синтез путем внутривенного введения N $\omega$ -нитро-L-аргинина (L-NNA) на протяжении 7 суток.

По результатам хронологических экспериментов установлено, что экскреторная функция почек подчинена четкой циркадианной организации.

Показано, что угнетение функции эпифиза приводит к более выраженным хроноритмическим перестройкам исследуемой почечной функции в сравнении со стимуляцией эпифиза. Введение L-NNA в условиях гипофункции эпифиза приводит к более выраженным нарушениям интегральных характеристик экскреторной функции почек в сравнении с блокадой синтеза NO на фоне гиперфункции органа. Установленные общие закономерности околосуточных перестроек исследуемой ренальной функции при блокаде синтеза NO на фоне гипофункции эпифиза с использованием хроноритмических наблюдений позволяют оптимизировать методы диагностики и профилактики почечных заболеваний.

**Ключевые слова:** хроноритмы, почки, монооксид азота, N $\omega$ -нитро-L-аргинин, эпифиз

**Введение.** Биологические ритмы – периодически повторяемые изменения характера и интенсивности физиологических процессов и явлений, которые присущи биосистемам на всех уровнях организации [1]. Принята концепция о циркадианной системе организма, функциональными звеньями которой есть эпифиз и супрахиазматические ядра гипоталамуса, которые рассматриваются как основной генератор биоритмов большинства функций организма [4,6]. Почки, также, характеризуются четкой часовой организацией функций [2,3], однако, особенности циркадианной организации и механизмы участия внутриклеточных мессенджеров, в частности, оксида азота (NO) у биоритмической регуляции почечных функций остаются недостаточно изученными [5,7].

**Цель работы.** Изучить влияние оксида азота на экскреторную функцию почек в условиях гипофункции эпифиза.

**Материалы и методы.** Испытания провели на 72 половозрелых нелинейных самцах белых крыс весом 0,15-0,18 кг. Животных содержали в условиях вивария при постоянной температуре и влажности воздуха на стандартном харчевом рационе. Контрольную группу составили животные (n=36), которые находились в условиях обычного светового режима (12.00С:12.00Т) на протяжении 7-ми суток. Экспериментальную группу составили животные (n=36), которым вводили N $\omega$ -нитро-L-аргинин (L-NNA) в дозе 20 мг/кг на протяжении 7-ми дней при условии постоянного освещения (12.00С : 12.00С). На 8-е сутки животным делали 5% водную нагрузку подогретой до комнатной температуры водосточной водой и изучали параметры экскреторной функции почек в условиях форсированного диуреза.

Эксперименты проводили с 4-часовым интервалом на протяжении суток. Изучали концентрацию и экскрецию ионов калия, креатинина, белка, скорость клубочковой фильтрации, относительную реабсорбцию

воды. Результаты обрабатывали статистически методом “Косинор-анализа”, а также параметрическими методами вариационной статистики. Диагностика функциональных особенностей базировалась на основании анализа изменений характеристик мезора (среднесуточного уровня), амплитуды, акрофазы и формы кривой циркадианного ритма. Полученные индивидуальные хронограммы для каждого животного группировали по принципу идентичности максимальной акрофазы и рассчитывали методом “Косинор-анализа” пересекаемые для каждой группы хронограмм мезор, амплитуду и фазовую структуру (по интервалу времени между акро- и батифазой).

Эксперименты в контрольных и экспериментальных животных в ночное время суток проводили при слабом (2 лк) красном освещении, которое практически не влияет на биосинтез мелатонина эпифизом. Все этапы эксперимента проведены с соблюдением основных требований Европейской конвенции по гуманному отношению к животным.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали на персональных компьютерах пакетом программ EXCE-2003 (Microsoft Corp., США). Для всех показателей рассчитывали значение средней арифметической избирательности ( $\bar{x}$ ), ее дисперсии и погрешности средней ( $S_x$ ). Для выявления вероятности отличия результатов у экспериментальных и контрольных групп животных определяли коэффициент Стьюдента (t), после чего определяли вероятность отличий выборки (p) и доверительный интервал средней по таблицам распределения Стьюдента. Вероятными считали значения, для которых  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Функции почек у контрольных животных подчинены четкой циркадианной организации. Суточные ритмы показателей экскреторной функции почек отображают аналогичские изменения ренальных процессов.

Суточный ритм диуреза у животных, которым блокировали синтез NO в условиях постоянного освещения, разрешает допустить, что блокада синтеза NO изменяет фазовую структуру ритма и вызывает снижение среднесуточного уровня диуреза в сравнении с контрольной группой (табл. 1).

Основой выявленных изменений хроноритмов диуреза было снижение скорости клубочковой фильтрации, что сопровождалось повышением уровня относительной реабсорбции воды и уравновешивало гломеруло-тубулярные процессы (табл. 1).

Несмотря на снижение скорости ультрафильтрации, произошло снижение уровня концентрации креатинина в плазме крови. Среднесуточный уровень был ниже по сравнению с контрольным показателем на 37% (табл.).

Соединительное действие торможения синтеза NO и гипофункции эпифиза привело к повышению уровня концентрационного индекса эндогенного креатинина (табл. 1).

Так как наблюдалось снижение среднесуточного уровня экскреции ионов калия и концентрации его в моче, по сравнению с животными, которые находились в условиях физиологической функции эпифиза (табл.), можно допустить, что именно угнетение синтеза мелатонина есть одной из причин, что приводит к нарушениям механизмов калиевого гомеостаза.

Хроноритмические перестройки экскреторной функции почек не сопровождалась изменением концентрации и экскреции белка в моче на протяжении суток (табл. 1).

**Таблица 1.** Влияние блокады синтеза NO в условиях гипофункции эпифиза на мезор и амплитуду ритмов показателей экскреторной функции почек у белых крыс ( $\bar{x} \pm S_x$ )

Показатели	Контрольные животные (n=36)		Блокада синтеза NO при условии гипофункции эпифиза (n=36)	
	Мезор	Амплитуда (%)	Мезор	Амплитуда (%)
Диурез, мл/2 ч	3,2±0,28	18,7±1,55	1,8±0,25; p<0,001	24,5±1,01; p<0,001
Концентрация ионов калия в плазме крови, ммоль/л	5,1±0,29	24,8±1,41	5,1±0,15	6,5±0,81; p<0,001
Концентрация ионов калия в моче, ммоль/л	15,9±0,62	35,4±1,31	9,1±0,81; p<0,001	21,3±1,01; p<0,001
Экскреция ионов калия, мкмоль/ 2 ч	201,2±2,72	49,9±2,35	151,1±2,52; p<0,001	57,3±1,51; p<0,01
Концентрация креатинина в плазме, мкмоль/л	49,8±1,38	19,9±2,11	36,8±2,21; p<0,001	19,7±1,12
Экскреция креатинина, мкмоль/2 ч	3,5±0,44	16,9±1,91	1,8±0,21; p<0,01	29,1±1,02; p<0,001
Скорость клубочковой фильтрации, мкл/мин	623,5±14,91	22,0±1,52	443,9±13,21; p<0,001	42,1±1,61; p<0,001
Относительная реабсорбция воды, %	95,1±0,56	1,6±0,41	96,2±0,59; p<0,001	0,8±0,05
Концентрационный индекс эндогенного креатинина, ед	24,6±1,81	40,7±1,01	29,6±1,12; p<0,05	20,5±1,12; p<0,001
Концентрация белка в моче, г/л	0,1±0,01	30,1±1,91	0,1±0,01	20,1±0,72
Экскреция белка, мг/2 час	0,2±0,03	27,8±1,22	0,2±0,03	33,6±1,32; p<0,01
Экскреция белка, мг/100 мкл КФ	0,1±0,01	32,8±1,62	0,1±0,01	30,1±1,42

**Примечание:** p – вероятность различия между показателями опытных и контрольных животных; n – количество животных.

**Выводы.** Таким образом, при условии L-NNA блокады синтеза NO на фоне гипофункции эпифиза наблюдали хроноритмические перестройки архитектоники и фазовой структуры ритмов большинства показателей экскреторной функции почек: снижение среднесуточного уровня ритма мочеотделения при антифазной структуре, относительно других групп наблюдения, существенное снижение концентрации ионов калия в моче и их экскреции во все периоды, с преобладанием в ночные промежутки суток, относительно контрольных животных и животных, которым вводили NO на фоне гиперфункции эпифиза, чего не наблюдалось у крыс, которым проводили блокаду синтеза NO в условиях физиологической функции эпифиза, а существенное угнетение скорости клубочковой фильтрации есть по-

следствием соединенного действия блокады синтеза NO и гипофункции эпифиза мозга, относительно других групп сравнения. Выявленное снижение амплитуд хроноритмов, по нашему мнению, есть важным диагностическим показателем адаптивных возможностей на границе перехода адаптации в дезадаптацию.

**Перспективы дальнейших исследований.** Выяснение особенностей хроноритмических перестроек экскреторной функции почек при условии блокады синтеза NO на фоне угнетения активности эпифиза есть важным для познания механизмов возникновения и развития патологических состояний, что даст возможность улучшить раннюю диагностику, усовершенствовать лечение почечной патологии и своевременно проводить профилактические меры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов В.Н. Эпифиз, биоритмы и старение организма / В.Н. Анисимов // Успехи физиол. наук. – 2008. – Т. 39, № 4. – С. 40-65.
2. Брюханов В.М. Роль почки в регуляции суточных ритмов организации // В.М. Брюханов, А.О. Зверев // Нефрология. – 2010. – Т. 14, № 3. – С. 17-31.
3. Наточин Ю.В. Водно-солевой гомеостаз – роль рефлексов, гормонов, инкретинов, аутокоидов / Ю.В. Наточин // Физиол. ж. – 2011. – Т. 57, № 5. – С. 13-15.
4. Губина-Вакулик Г.И. Длительное круглосуточное освещение как фактор ускоренного старения пинеальной железы / Губина-Вакулик Г.И., Бондаренко Л.А., Сотник Н.Н. // Успехи геронтол. – 2007. – Т. 20, № 1. – С. 92-95.
5. Activation of NO donors in mitochondria: peroxidase metabolism OF (2-hydroxyamino-vinyl)-triphenyl-phosphonium by cytochrome c releases NO and protects cells against apoptosis / D.A. Stoyanovsky, I.I. Vlasova, N.A. Belikova [et al.] // FEBS Lett. – 2008. – Vol. 582, № 5. – P. 725-728.
6. Jom, Lars Olof. Hour does light affect melatonin / Jom Lars Olof., Jonsson Anders // Med. Hypotheses. – 2008. – Vol. 71, № 3. – P. 458.
7. “Nitrosative stress in plants”. Nitric Oxide Reacts with Methoxide / D.R. Frank, K. Larry, Keer [et al.] // Chem. – 2008. – Vol. 73. – P. 1139-1142.

#### REFERENCES

1. Anisimov, V.N. epiphysis, biorhythms and aging / V.N. Anisimov // Advances of Physiological Sciences. – 2008. – Vol. 39, № 4. – P. 40-65.
2. Bryuhanov, V.M. The role of the kidney in the regulation of circadian rhythms organization // V.M. Bryuhanov, A.O. Zverev // Nephrology. – 2010. – Vol. 14, № 3. – P. 17-31.
3. Natochin, V. Water-salt homeostasis – the role of reflexes, hormones, incretins, autakoidov / Yu. Natochin // Physiological journal. – 2011. – Vol. 57, № 5. – P. 13-15.
4. Gubin-Vakulik, G.I. long room lighting as a factor of accelerated aging pineal gland / G.I. Gubin-Vakulik, L.A. Bondarenko, N.N. Sotnik // Advances in Gerontology. – 2007. – Vol. 20, № 1. – P. 92-95.
5. Activation of NO donors in mitochondria: peroxidase metabolism OF (2-hydroxyamino-vinyl)-triphenyl-phosphonium by cytochrome c releases NO and protects cells against apoptosis / D.A. Stoyanovsky, I.I. Vlasova, N.A. Belikova [et al.] // FEBS Lett. – 2008. – Vol. 582, № 5. – P. 725-728.
6. Jom, Lars Olof. Hour does light affect melatonin / Jom Lars Olof., Jonsson Anders // Med. Hypotheses. – 2008. – Vol. 71, № 3. – P. 458.
7. “Nitrosative stress in plants”. Nitric Oxide Reacts with Methoxide / D.R. Frank, K. Larry, Keer [et al.] // Chem. – 2008. – Vol. 73. – P. 1139-1142.

#### **The conditions of monooxide nitrogen blocking on the excretory function of the kidneys a background of pineal hypofunction** **S.B. Semenenko, I.R. Timofiychuk, T.P. Savchuk, K.V. Slobodian, A.V. Maruschak, N.Y. Vascul, L.R. Rudnitskaya**

**Abstract.** The paper represents the chronorhythmologic structure of the excretory function of the kidneys under the influence of monooxide nitrogen (NO) block a background of pineal hypofunction (PG). The object of the research was establishing an inter relationship between the functional condition of the PG and the synthesis of NO, as well as ascertaining the pathophysiological mechanisms of disturbances of the chronorhythmic organization of the excretory function of the kidneys. It has been established for the first time that NO is an important intracellular messenger of regulating chronorhythms of the excretory function of the kidneys. It has been demonstrated that the effects of N $\omega$ -nitro-L-arginine blocking (L-NNA) of NO synthesis depend on the functional activity of the PG. L-NNA blocking of NO synthesis under the conditions PG hypofunction results in more marked changes of the integral characteristics of chronorhythms of the principal parameters in the functional condition of the kidneys as compared with blocking NO synthesis with underlying PG hyperfunction.

The changes of quantitative parameters of the chronorhythms of the excretory function of the kidneys determine the expediency of updating the methods of early diagnostics and preventing renal diseases.

**Keywords:** *chronorhythms, kidneys, nitrogen monooxide, N $\omega$ -nitro-L-arginine, pineal gland*

## Вивчення рівня фізичного здоров'я юнаків гірських районів Закарпаття за метаболічним рівнем анаеробного енергозабезпечення

О.А. Дуло

Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна  
E-mail: olena.dulo@gmail.com

Paper received 05.12.15; Revised 10.12.15; Accepted for publication 14.12.15.

**Анотація.** Досліджувалася потужність і ємність анаеробних процесів енергозабезпечення організму юнаків, які проживають у гірських районах Закарпаття. Встановлено, що фізична працездатність та анаеробна продуктивність юнаків гірських районів Закарпаття залежить від соматотипу. Найвищий рівень анаеробної продуктивності за показниками потужності анаеробних алактатних і лактатних процесів енергозабезпечення виявлено у представників мезоморфного соматотипу, а найнижчий – у ектоморфного. Найнижчий рівень анаеробної продуктивності за відносним показником ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення виявлено у представників ендомезоморфного соматотипу.

**Ключові слова:** анаеробна продуктивність, фізичне здоров'я, соматотип

**Вступ.** Суттєву роль у формуванні фізичного здоров'я відіграють не лише аеробні, але й анаеробні процеси енергозабезпечення життєдіяльності організму [2, 4, 5, 6]. Результати досліджень свідчать про існування тісного кореляційного взаємозв'язку між аеробною та анаеробною продуктивністю організму, де факторним показником виступає анаеробна (лактатна) продуктивність організму [3, 9, 10, 12, 13].

Через 29 років після Чорнобильської катастрофи в Україні залишаються окремі території з природними екологічними особливостями, де існує йодний дефіцит, який істотно впливає на гормональний статус мешканців цих територій. Одним з таких регіонів є Закарпаття. Молодь з різних біогеохімічних зон, яка навчається у вищих навчальних закладах, вважається практично здоровою, однак, за результатами досліджень провідних учених Закарпаття [1, 3, 7, 8] багато з молодих людей мають певні відхилення у фізичному стані. Ці відхилення стосуються окремих антропометричних (зросту, маси, пропорцій будови тіла) та біохімічних показників (наприклад, низький рівень тиреоїдних гормонів у крові). Тенденція зниження показників функціонального стану має взаємозв'язок із вмістом тиреоїдних гормонів в організмі юнаків, які мешкають у гірській місцевості Закарпаття, що може свідчити про негативний вплив біогеохімічної зони регіону як еволюційно неадекватного чинника зовнішнього середовища [1, 3, 7, 8].

На даний час дослідження показників анаеробної продуктивності організму проводилися у осіб різного віку і статі без урахування територіальної належності обстежуваних осіб. Дослідження анаеробної продуктивності організму у осіб постпубертатного періоду онтогенезу з різним соматотипом, які проживають в Закарпатському регіоні, дозволить отримати нормативи фізичного здоров'я юнаків.

З огляду на вищевикладене **метою даної роботи** є встановити здатність юнаків різного соматотипу гірських районів Закарпатської області адаптуватися до фізичної роботи в анаеробному режимі енергозабезпечення.

**Матеріали і методи.** Проведено порівняльний аналіз рівня фізичного здоров'я у юнаків постпубертатного періоду онтогенезу віком від 17 до 21 років. Кількість обстежених юнаків гірських районів Закарпатської області становила 124 особи (52,5%). Рівень фізич-

ного здоров'я оцінювали за показниками анаеробної продуктивності організму. Для цього визначали потужність анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за максимальною кількістю роботи, виконаної за 10 с ( $ВАНТ_{10}$ ), а також потужність анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму за максимальною кількістю роботи, виконаної за 30 с ( $ВАНТ_{30}$ ) використовуючи метод Вінгатського анаеробного тесту, описаного Ю.М. Фурманом зі співавторами [9]. Для оцінки ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму, тобто максимальної кількості зовнішньої роботи за 1 хв ( $МКЗР$ ), використовували методику А. Shogy, G. Cherebetin [17]. Соматотип визначали за методом Хіт-Картера, який вважається універсальним, тому рекомендується для обстежень людей різної расової приналежності, різної статі, широкого вікового діапазону (від 14 до 70 років), а також забезпечує трьохкомпонентну (жирового, м'язового та кісткового компоненту) антропометричну оцінку. За допомогою даного методу можна кількісно оцінити перевагу: ендоморфії, або відносного ожиріння; мезоморфії, або відносного розвитку скелетно-м'язової системи; ектоморфії, або відносної лінійності (втягнутість тіла). Кожен компонент визначався в незмінній послідовності: ендоморфія – мезоморфія – ектоморфія, які виражаються числовими значеннями (антропометричними похідними) з точністю до однієї десятої. За методом Хіт-Картера соматотип визначали графічним способом, або ж алгоритмом, оскільки за алгоритмом вираховувати соматотип зручніше.

**Результати дослідження та їх обговорення.** У досліджуваних юнаків за методом Хіт-Картера визначили соматотип і умовно розподілили їх на п'ять груп: з мезоморфним соматотипом, ендомезоморфним соматотипом, мезоектоморфним, ектоморфним і зі збалансованим соматотипом. Розподіл юнаків гірських районів за соматотипами у відсотковому відношенні поданий на рис. 1. Найбільшу кількість юнаків виявлено з ендомезоморфним соматотипом (33,9%), найменша із ектоморфним соматотипом (4,8%).

Результати досліджень потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за абсолютною величиною  $ВАНТ_{10\text{ абс.}}$  у юнаків гірських районів виявили суттєву перевагу цього показника у представників мезоморфного соматотипу, порівняно з особами інших соматотипів.

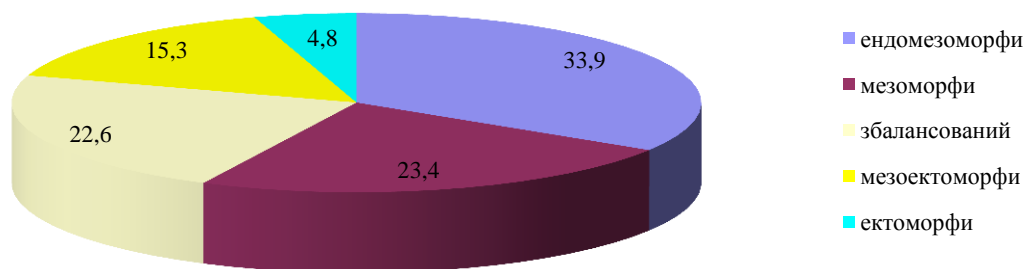


Рис. 1. Співвідношення чисельності представників різних соматотипів гірських районів у %.

Так, значення абсолютного показника  $ВАНГ_{10 \text{ абс.}}$  у представників мезоморфного соматотипу у середньому становить  $4913,8 \pm 109,1 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ , що на 15,4% перевищує значення представників з ендомезоморфним соматотипом, яке становить  $4256,3 \pm 84,7 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$  ( $p < 0,05$ ). Середня величина  $ВАНГ_{10 \text{ абс.}}$  представників мезоморфного соматотипу на 26,8% перевищує середнє значення представників екторморфного соматотипу, яке становить  $3874,6 \pm 76,1 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$  ( $p < 0,01$ ) та збалансованого соматотипу –  $3988,3 \pm 78,4 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$  ( $p < 0,01$ ). Середні значення  $ВАНГ_{10 \text{ абс.}}$  представників мезоморфного та мезоекторморфного соматотипів між собою вірогідно не відрізняються.

Дослідження потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за відносною величиною  $ВАНГ_{10}$  у представників гірських районів засвідчило вірогідно нижчий рівень даного показника у юнаків екторморфного соматотипу порівняно зі значеннями представників інших соматотипних груп. У осіб мезоморфного соматотипу середнє значення  $ВАНГ_{10 \text{ відн.}}$  ( $67,5 \pm 1,62 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) вірогідно перевищує на 10,4% середню величину юнаків мезоекторморфного ( $61,1 \pm 1,55 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ), на 18,8% збалансованого ( $56,6 \pm 1,47 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) та ендомезоморфного соматотипів –  $56,8 \pm 1,41 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$  ( $p < 0,05$ ), перевищуючи разом з тим, значення  $ВАНГ_{10 \text{ відн.}}$  юнаків екторморфного соматотипу ( $54,5 \pm 1,38 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) на 23,9%.

Аналіз результатів досліджень анаеробної продуктивності за абсолютною величиною показника потужності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму ( $ВАНГ_{30}$ ) у юнаків гірських районів показав,

що середнє значення абсолютного показника  $ВАНГ_{30}$  представників мезоморфного соматотипу гірських районів становить  $4880,5 \pm 108,9 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ , що на 10,6% більше, ніж у представників мезоекторморфного соматотипу ( $p < 0,05$ ), у яких величина даного показника становить  $4583,2 \pm 99,36 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ ; на 15,4% більше, ніж у юнаків ендомезоморфного соматотипу ( $p < 0,01$ ), середнє значення яких становить  $4230,6 \pm 82,2 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ ; та на 28,3% переважає значення представників екторморфного соматотипу ( $p < 0,01$ ), яке становить  $3803,8 \pm 64,9 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ . Середні величини показника  $ВАНГ_{30 \text{ абс.}}$  юнаків гірських районів з екторморфним та збалансованим соматотипом між собою вірогідно не відрізняються ( $p > 0,05$ ).

Особливості прояву анаеробної продуктивності у представників гірських районів різних соматотипів виявлено також при визначенні відносної величини потужності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму. Звертає на себе увагу те, що найнижчі середні значення  $ВАНГ_{30 \text{ відн.}}$  спостерігаються у представників гірських районів екторморфного ( $53,5 \pm 1,53 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) та збалансованого ( $54,9 \pm 1,69 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) соматотипів, які між собою не відрізняються ( $p > 0,05$ ). Найвище середнє значення  $ВАНГ_{30 \text{ відн.}}$  мають представники гірських районів мезоморфного соматотипу  $67,0 \pm 1,68 \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ . Разом з тим, середні величини показника  $ВАНГ_{30 \text{ відн.}}$  юнаків гірських районів з ендомезоморфним та мезоекторморфним соматотипом між собою вірогідно не відрізняються ( $p > 0,05$ ).

Результати досліджень фізичної працездатності за показниками анаеробної продуктивності організму відображені у таблиці 1.

Таблиця 1. Анаеробна продуктивність організму юнаків гірських районів Закарпаття залежно від соматотипу (n=124)

Показники	Середнє значення, $M \pm m$				
	ендомезоморфи (n=42)	мезоморфи (n=29)	мезоекторморфи (n=19)	екторморфи (n=6)	збалансований соматотип (n=28)
$ВАНГ_{10, \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}}$	♦♦ 4256,3±84,7	4913,8±109,1	4640,75±96,2	*♦♦ 3874,6±76,1	*♦♦ 3988,3±78,4
$ВАНГ_{10, \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}}$	♦♦ 56,8±1,41	67,5±1,62	♦ 61,1±1,55	♦♦ 54,5±1,38	♦♦ 56,6±1,47
$ВАНГ_{30, \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}}$	♦♦ 4230,6±82,2	4880,5±108,9	♦ 4583,2±99,36	*♦♦ 3803,8±64,9	*♦♦ 3871,2±71,3
$ВАНГ_{30, \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}}$	♦ 56,4±1,64	67,0±1,68	♦ 60,4±1,61	♦♦ 53,5±1,53	♦♦ 54,9±1,69
$МКЗР, \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$	♦ 2003,6±41,2	♦ 2061,2±42,5	2204,3±43,4	2111,4±51,2	♦□♦ 1921,8±46,8
$МКЗР, \text{ кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	□ 26,7±0,8	28,3±0,9	29,0±1,01	29,7±0,9	□ 27,3±0,7
Маса тіла, кг	75,0 ± 3,7	72,8±3,4	75,9±4,2	71,06±3,3	70,4±2,8

Примітки. Вірогідність відмінності середніх значень ( $p < 0,05$ ):

- \* – відносно осіб ендомезоморфного соматотипу;
- ♦ – відносно осіб мезоморфного соматотипу;
- ♦♦ – відносно осіб мезоекторморфного соматотипу;
- – відносно осіб екторморфного соматотипу;
- ▽ – відносно осіб збалансованого соматотипу.

Результати досліджень ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму за абсолютною величиною МКЗР виявили суттєву перевагу цього показника у юнаків гірських районів мезоектоморфного та екоморфного соматотипу, порівняно з представниками інших соматотипів. Так, значення абсолютного показника МКЗР у представників мезоектоморфного соматотипу становить  $2204,3 \pm 43,4$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ , а у представників екоморфного соматотипу  $2111,4 \pm 51,2$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ , що в середньому на 10,1% перевищує значення представників з ендомезоморфним ( $2003,6 \pm 41,2$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ ) та мезоморфним соматотипом ( $2061,2 \pm 42,5$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ ), ( $p < 0,05$ ). Середня величина МКЗР<sub>абс.</sub> представників мезоектоморфного соматотипу на 14,7% перевищує середнє значення юнаків зі збалансованим соматотипом, яке становить  $1921,8 \pm 46,8$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$  ( $p < 0,05$ ). Середні значення МКЗР<sub>абс.</sub> представників мезоектоморфного та екоморфного соматотипів між собою вірогідно не відрізняються.

Дослідження ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму за відносною величиною МКЗР засвідчило вірогідно нижчий рівень даного показника у представників гірських районів збалансованого та ендомезоморфного соматотипу порівняно зі значеннями представників інших соматотипних груп. У представників мезоморфного соматотипу середнє значення МКЗР<sub>відн.</sub> ( $28,3 \pm 0,9$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) вірогідно не перевищує середню величину юнаків екоморфного ( $29,7 \pm 0,9$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) та мезоектоморфного ( $29,0 \pm 1,01$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) соматотипу ( $p > 0,05$ ). Разом з тим, середнє значення осіб екоморфного соматотипу ( $29,7 \pm 0,9$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) перевищує значення юнаків ендомезоморфного сомато-

типу ( $26,7 \pm 0,8$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) на 11,2% та збалансованого соматотипу ( $27,3 \pm 0,7$   $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) на 8,8%.

**Висновки.** Рівень анаеробної продуктивності юнаків гірських районів Закарпаття залежить від соматотипу:

1. Потужність анаеробних алактатних і лактатних процесів енергозабезпечення у юнаків з мезоморфним соматотипом вищий, ніж у представників інших соматотипів. Найнижчими ці показники виявились у юнаків з перевагою екоморфії;
2. Значення абсолютних та відносних показників максимальної кількості зовнішньої механічної роботи за 1 хв у юнаків гірських районів виявились вірогідно вищими у представників мезоектоморфного та екоморфного соматотипу, найнижчими є значення абсолютних показників у представників збалансованого соматотипу, а значення відносних показників виявились найнижчими у представників ендомезоморфного соматотипу.

Отримані дані свідчать про те, що:

1. Юнаки-мешканці гірських районів із соматотипом, в якому переважає м'язовий компонент, мають вищі показники потужності анаеробних алактатних та лактатних процесів енергозабезпечення організму, ніж юнаки інших соматотипів;
2. Наявність жирового компоненту у представників чоловічої статі в гірській місцевості (в умовах гіпоксії) є певним баластом, так як існує потреба у збільшенні об'єму кисню для процесів окислення жиру і, як наслідок, у ендомезоморфів знижується кількість виконаної максимальної зовнішньої механічної роботи за 1 хв, яка є показником ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бондарчук Н.Я. Ефективність застосування диференційованого підходу у процесі фізичного виховання студентів з різних біогеохімічних зон Закарпаття / Н.Я. Бондарчук, В.Д. Чернов // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету, серія: „Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт”. – 2009. – Вип. 64. – С. 433-436.
2. Гунас І.В. Взаємозв'язки сонографічних параметрів нирок із антропометричними показниками здорових міських юнаків та дівчат Поділля з екоморфним соматотипом / І.В. Гунас, Ю.Г. Шевчук, Д.Б. Болюх // Вісник морфології. – 2010. – №2. – С. 437-441.
3. Дуло О.А. Порівняльна характеристика анаеробної продуктивності дівчат із різним соматотипом, які проживають у гірських та низинних районах Закарпатської області / О.А. Дуло // Науковий вісник Ужгородського університету, серія «Медицина». – 2015. – Вип. 1(51). – С. 284 – 289.
4. Дуло О.А. Вивчення рівня фізичного здоров'я дівчат гірських районів Закарпаття за метаболічним рівнем анаеробного енергозабезпечення / О.А. Дуло, Ю.М. Фурман // Science and education a new dimension. – Natural and Technical sciences, III (5). – 2015. – Issue 41. – P. 15 – 19.
5. Макарова Г.А. Спортивна медицина: учебник / Г.А. Макарова. – М.: Советский спорт, 2003. – 480 с.
6. Сарафинюк П.В. Особливості ультразвукових розмірів серця у здорових міських підлітків різних соматотипів / П.В. Сарафинюк, І.Д. Кухар // Вісник морфології. – 2004. – №1. – С. 193-197.
7. Фурман Ю.М. Перспективні моделі фізкультурно-оздоровчих технологій у фізичному вихованні студентів вищих навчальних закладів: монографія / Ю.М. Фурман, В.М. Мірошніченко, С. П. Драчук. – Київ: НУФВСУ: Олімп. л-ра, 2013. – 174с.
8. Фурман Ю.М. Кореляційні взаємозв'язки аеробної та анаеробної (лактатної) продуктивності організму з якісними параметрами рухової діяльності студентів чоловічої статі (17 – 19 років) / Ю.М. Фурман, С.П. Драчук // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр./ За ред. Єрмакова С.С. – Харків: ХДАДМ (ХХІІІ), 2005. – №15. – С. 51-55.
9. Шапаренко П.Ф. Динаміка розвитку общих размеров тела / П.Ф. Шапаренко // Принцип пропорциональности в соматогенезе. – Винница, 1994. – С. 29-36.
10. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit / J.I. Medbo, A.C. Mohn, J. Tabata [and others] // J. Appl. Physiol. – 1988. – P. 50-60.
11. Gaul, C.A. Differences in anaerobic performance between boys and men / C.A. Gaul, D. Docherty, R. Cicchini // Int. J. Obes Relat. Metab. Disord. – 2000. – Vol. 24. – P.7841-7848.
12. Green, S. Measurement of anaerobic work capacities in humans / S. Green // Sports Med. – 1995. – Vol. 19. – P.132-142.
13. Habitual physical activity and peak anaerobic power and in elderly women / T. Kostka, M. Bonnefoy, L. Arsac [and others] // Eur. J. Appl. Physiol. – 1997. – Vol. 76. – P. 181-187.
14. Kárpátalja sík vidékein lakó fiatalok fizikai egészségének tanulmányozása az aerob anyagcsere energiaszintje alapján / O. Dulo, Z. Fabry, X. Melega, O. Huzak // Magyar sporttudományi szemle. – 15. – Évfolyam 58. – Szám. – 2014/2. – O. 28-29.
15. Shogy, A. Minutentest auf dem fanradergometer zur bestimmung der anaeroben capacitar Eur / A. Shogy, G. Cherebetin // J. Appl. Physiol. – 1974. – Vol. 33. – P. 171 – 176.
16. Testing Anaerobic Power and Capacity / C. Bouchard, A.W. Taylor, G. – A. Simon [and others] // Physiological Testing of the High-Performance Athlete. – Human Kinetics. – 1992. – P. 185-222.



## REFERENCES

1. Bondarchuk, N.Y. Efficacy of a differentiated approach to the physical education of students from different biogeochemical areas of Transcarpathia / N.Y. Bondarchuk, V.D. Chernov // Visnyk Chernihivskoho derzavnogo pedahohichnogo universitetu, seria "Pedahohichni nauky. Physichne vyhovannya ta sport". – 2009. – Is. 64. – P. 433-436.
2. Gunas, I.V. Relationship sonographic parameters of renal antroposomatometrychny indicators of healthy urban boys and girls of Podillya with ektomorf somatotype / I.V. Gunas, Y.G. Shevchuk, D.B. Boluch // Visnyk morfologii. – 2010. – №2. – P. 437-441.
3. Dulo, O.A. Comparative characteristic of aerobic productivity of girls with different somatotyps who live in mountain and lowland areas of Transcarpathia / O.A. Dulo // Naukovyi visnyk Uzghorodskoho universytetu, seria "Medicina". – 2015. – №1(51). – 284 – 289 p.
4. Dulo, O.A. Study the level of physical health of girls, which are living in mountain areas of Transcarpathia by the metabolic level of anaerobic energy ensuring / O.A.Dulo, Y.M. Furman // Science and education a new dimension. – Natural and Technical sciences, III (5). – 2015. – Issue 41. – P. 15-19.
5. Makarova, G.A. Sport medicine: textbook / G.A. Makarova. – M.:Sovetskyi sport, 2003. – 480 p.
6. Sarafynuk, P.V. Features of ultrasound heart size of healthy city adolescents with different somatotypes / P.V. Sarafynuk, I.D. Kuhar // Visnyk morfologii. – 2004. – №1. – P. 193-197.
7. Furman, Y.M. Perspective models of fitness technologies at physical education of students at universities: monografy / Y.M. Furman, V.M. Miroshnychenko, S.P. Drachuk. – Kiev: NUFVSU: Olimp. I-ra, 2013. – 174 p.
8. Furman, Y.M. Correlation relationship of aerobic and anaerobic (lactate) productivities of organism with qualitative parameters of motor activity of male students (17-19 years) / Y.M. Furman, S.P. Drachuk // Pedagogy, psychology, medical-biological problems of physical education and sports: Coll. sc. works / ed. S.S. Yermakova – Kharkiv: HDADM (HHPI), 2005. – №15. – P. 51-55.
9. Shaparenko, P.F. Dynamics of development of overall size of the body / P.F. Shaparenko // Principle proporsionalnosti in gametogenesis. – Vynnytsa, 1994. – P. 29-36.
10. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit / J.I. Medbo, A.C. Mohn, J. Tabata [and others] // J. Appl. Physiol. – 1988. – P. 50-60.
11. Gaul, C.A. Differences in anaerobic performance between boys and men / C.A. Gaul, D. Docherty, R. Cicchini // Int. J. Obes Relat. Metab. Disord. – 2000. – Vol. 24. – P. 7841-7848.
12. Green, S. Measurement of anaerobic work capacities in humans / S. Green // Sports Med. – 1995. – Vol. 19. – P.132-142.
13. Habitual physical activity and peak anaerobic power and in elderly women / T. Kostka, M. Bonnefoy, L. Arsac [and others] // Eur. J. Appl. Physical. – 1997. – Vol. 76. – P. 181-187.
14. Kárpátalja sík vidékein lakó fiatalok fizikai egészségének tanulmányozása az aerob anyagcsere energiaszintje alapján / O. Dulo, Z. Fabry, X. Melega, O. Huzak // Magyar sporttudományi szemle. – 15. – Évfolyam 58. – Szám. – 2014/2. – O. 28-29.
15. Shogy, A. Minutentest auf dem fanradergometer zur bestimmung der anaeroben capazitar Eur / A. Shogy, G. Cherebetin // J. Appl. Physiol. – 1974. – Vol. 33. – P. 171 – 176.
16. Testing Anaerobic Power and Capacity / C. Bouchard, A.W. Taylor, G. – A. Simon [and others] // Physiological Testing of the High-Performance Athlete. – Human Kinetics. – 1992. – P.185-222.

### Study the level of physical health of boys, which are living in mountain area of Transcarpathia by the metabolic level of anaerobic energy ensuring

O.A. Dulo

**Abstract.** The work is devoted to study the level of physical health of boys of the age of 17-21 which are living in the mountainous area of Transcarpathia. Level of anaerobic productivity of mountain boys is addicted to their somatotypes. Determinating the power of alactate 10-WAT and lactate 30-WAT anaerobic processes by the relative value showed us probably low level of the results of ectomorphic somatotype and high level of mezomorphic somatotype. High average results of  $MCEW_{abs}$  had persons with ectomorphic  $2111,4 \pm 51,2 \text{ kgm} \cdot \text{min}^{-1}$  and mezoectomorphic –  $2204,3 \pm 43,4 \text{ kgm} \cdot \text{min}^{-1}$  somatotypes ( $p < 0,05$ ). Low results of  $MCEW_{rel}$  had boys with endomezomorphic somatotype. The presence of fat in mountain boys (under hypoxic) is like ballast because they need more oxygen for oxidation this fat which cause less results of work for 1 min to boys with endomezomorphic somatotype.

**Keywords:** anaerobic productivity, physical health, somatotype

## Динаміка показників варіабельності серцевого ритму у здорових осіб молодого віку під впливом діафрагмального дихання в режимі біологічного зворотного зв'язку

В.П. Фекета, К.П. Мелега\*, О.С. Паламарчук

Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

\*Corresponding author. E-mail: mele\_xen@bigmir.net

Paper received 12.11.15; Revised 23.11.15; Accepted for publication 27.11.15.

**Анотація.** Досліджено вплив глибокого діафрагмального дихання в режимі біологічного зворотного зв'язку з використанням портативного комп'ютерного пристрою StressEraser ("Helicor", USA) та без цього приладу на варіабельність серцевого ритму (ВСР) у здорових юнаків. Встановлено, що дихальна гімнастика протягом 15 хвилин суттєво впливає на функціональний стан автономної нервової системи (АНС). За даними ВСР зростає загальний тонус АНС та перерозподіляється активність між її центральними та периферичними ланками на користь останніх. Більш виражений позитивний вплив на функціональний стан АНС спостерігається при застосуванні приладу StressEraser.

**Ключові слова:** автономна нервова система, варіабельність серцевого ритму, діафрагмальне дихання, дихальна гімнастика, пристрій біологічного зворотного зв'язку

**Вступ.** Варіабельність серцевого ритму (ВСР) є інформативними неінвазивним методом дослідження функціонального стану автономної нервової системи (АНС) [7, 15]. Впродовж останніх 20 років накопичено значний клінічний матеріал стосовно взаємозв'язку різноманітних показників ВСР з вегетативними дисфункціями у хворих з соматичною патологією [1, 2, 4, 9]. Особливо інформативними вважаються спектральні показники ВСР, які відображають активність різних ланок АНС [7, 12]. З іншого боку, встановлено, що глибоке дихання в режимі біологічного зворотного зв'язку суттєво впливає на показники ВСР [3, 8, 10], зокрема зростає загальна ВСР як за даними статистичного, так і спектрального аналізу ритмокардіограми. Такі зсуви на думку багатьох авторів асоціюються із зростанням адаптаційного потенціалу здорових людей та позитивно впливають на перебіг вегетативних дисфункцій у хворих з патологією серцево-судинної, дихальної та травної системи [1, 2, 4, 8]. Описані позитивні наслідки використання дихальної гімнастики у хворих із депресивними станами [11, 13].

В останні роки, особливий інтерес в цьому контексті викликає дихальна гімнастика в режимі біологічного зворотного зв'язку з ВСР [2, 3]. Глибоке дихання, яке узгоджується із природними коливаннями серцевого ритму, здатне суттєво посилити як синусову дихальну аритмію, так і загальну ВСР [3, 5, 8]. Таке узгодження особливо ефективно досягається з допомогою портативних комп'ютерних пристроїв, що візуалізують ВСР і дозволяють самостійно коригувати частоту і глибину дихання для досягнення максимального ефекту. Ми поставили за мету з'ясувати чи здатні такі пристрої в рекомендованих режимах використання суттєво вплинути на ВСР і наскільки тривалий цей ефект.

**Короткий огляд публікацій за темою.** Відомо, що дихання та регуляція серцевого ритму є тісно пов'язаними фізіологічними процесами [3, 10]. Їх тонка координація є необхідною умовою адаптації організму людини до метаболічних потреб. Одним із найяскравіших проявів цієї координації є синусова дихальна аритмія (СДА) – фізіологічні коливання тривалості серцевого циклу, пов'язані із дихальною періодикою [5, 13]. При вдиху активується симпатична ланка АНС, що призводить до підвищення частоти серцевих скорочень

(ЧСС). При видиху, навпаки, посилюється тонус парасимпатичної ланки АНС, що є причиною сповільнення серцевого ритму. Такі флуктуації ЧСС вносять суттєвий вклад у загальну ВСР, зокрема, у високочастотну ділянку його спектру у діапазоні 0,15–0,4 Гц (HF). В зв'язку з цим спектральну енергію кривої ВСР в цьому частотному діапазоні зазвичай використовують, як неінвазивний маркер активності парасимпатичної ланки АНС [1, 7, 12]. У ряді досліджень показано, що вираженість СДА позитивно корелює із тонусом парасимпатичної ланки АНС і здатна модулювати психофізіологічні реакції на ментальні стресори [3, 8, 10-13]. Тому пошук немедикаментозних методів підвищення ВСР і, зокрема, її високочастотної компоненти, з метою кращої адаптації організму до різноманітних стресорів, особливо в умовах патології, видається достатньо фізіологічно обґрунтованим.

Одним із пристроїв, що добре зарекомендував себе в якості засобу біологічного зворотного зв'язку, є прилад StressEraser («Helicor», USA). З його допомогою особа, яка тренується, може підібрати оптимальну індивідуальну частоту і глибину дихання, яка забезпечує найбільш гармонійні співвідношення між кардіореспіраторною системою та АНС. У ряді досліджень показано, що така гармонізація підвищує тонус парасимпатичної ланки АНС, викликає психологічну релаксацію і підвищує стійкість до дії стресових факторів [10, 13]. Портативні прилади для дихальної гімнастики в режимі біологічного зворотного зв'язку з ВСР на даний час широко рекламуються і відносно доступні за ціною. Однак вони позиціонуються розробниками, перш за все, як засоби психологічної релаксації.

**Мета роботи** – з'ясувати вплив глибокого діафрагмального дихання у режимі біологічного зворотного зв'язку на ВСР у здорових осіб молодого віку.

**Матеріали і методи.** У дослідженні брали участь 20 осіб чоловічої статі віком від 18 до 20 років, які випадковим чином були розподілені на 2 групи з чисельністю по 10 осіб у кожній. Середній вік обстежених юнаків – 18,4±0,5 років. Усі учасники експерименту не пред'являли скарг на стан здоров'я, не мали відхилень від норми за даними лікарського обстеження і професійно не займалися спортом. Учасники першої групи займалися дихальними вправами з використан-

ням портативного пристрою біологічного зворотного зв'язку StressEraser («Helicor», USA), другої – дихальною гімнастикою без використання приладу. Кожний сеанс тривав від 10 до 15 хвилин. Всього було проведено 10 сеансів щоденно в ранкові години.

У ході тренування кожний учасник першої групи змінював частоту дихання у відповідності із візуальними сигналами приладу StressEraser. Хвильова структура серцевого ритму розраховувалася приладом за даними фотоплетизмографічного датчика, який детектував пульсове кровонаповнення вказівного пальця. Поява маркера у вигляді трикутника у верхній частині екрану давала сигнал до початку видиху. У випадку узгодження хвильової структури серцевого ритму із темпом дихання прилад індикував нараховувані учаснику бали за кожний вдалий дихальний акт квадратами у нижній частині екрану (рис. 1, а, б). 3 квадратики оцінюються приладом у 1 бал. Сеанс тривав до набору 30 балів.

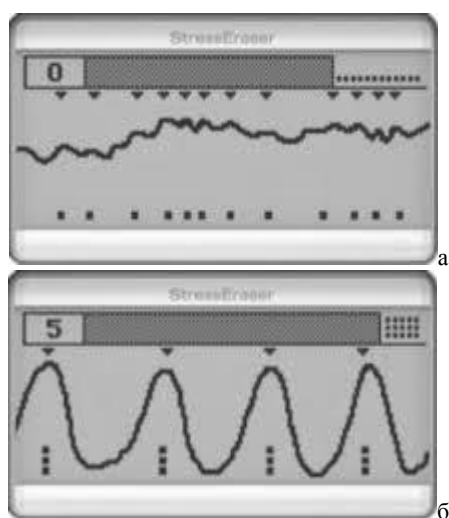


Рис. 2. Візуалізація виконання дихальних вправ на дисплеї приладу StressEraser  
а – на 1-й хвилині тренування; б – на 15-хвилині тренування

ВСР реєстрували з допомогою дистанційного монітора серцевого ритму Polar RS800CX та програмного забезпечення Polar ProTrainer5. Для розрахунків показників ВСР використовували 5-хвилинні стаціонарні ділянки кривої 1-го відведення ЕКГ згідно рекомендацій Європейської та Північно-Американської асоціації кардіологів (1996) [7]. Як показники ВСР були використані середньоквадратичне відхилення тривалості кардіоін-

тервалів (SD, мс) яке відображає загальну ВСР; квадратний корінь із середнього значення квадратів різниць величин послідовних пар кардіоінтервалів (RMSSD, мс), що відображає переважно вплив парасимпатичного відділу АНС; число пар послідовних інтервалів R-R, що відрізняються за тривалістю більш, ніж на 50 мс (pNN50), яке відображає активність периферичних ланок АНС. Окрім цього, визначали такі спектральні параметри ВСР, як TP (мс<sup>2</sup>) – загальна енергія спектру частот серцевого ритму, що відображає сумарний вплив на серцевий ритм всіх регуляторних систем; HF (мс<sup>2</sup>) – високочастотний компонент спектру серцевого ритму в діапазоні 0,15-0,4 Гц, що відображає переважно вагусний вплив на ритм серця, пов'язаний із диханням; LF (мс<sup>2</sup>) – низькочастотний компонент спектру серцевого ритму в діапазоні 0,04-0,15 Гц, що відображає переважно вплив симпатичного відділу АНС на серцевий ритм, в т.ч. – активність судинно-рухового центру та VLF(мс<sup>2</sup>) – наднизькочастотний компонент спектру серцевого ритму в діапазоні 0,003-0,04 Гц, що відображає сумарну активність надсегментарних відділів АНС і нейрогуморальні впливи на ритм серця. Додатково розраховували показник симпато-вагального балансу (LF/HF) та відсотковий вклад кожного із частотних компонентів спектру у TP (HF%/LF% та VLF%).

Отримані числові дані були оброблені методами варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента при рівні значимості  $p < 0,05$ . Динаміка показників ВСР під впливом діафрагмального дихання оцінювалась методом парних порівнянь. А міжгрупові відмінності оцінювались методом однофакторного дисперсійного аналізу.

**Результати та їх обговорення.** З метою з'ясування впливу діафрагмального дихання в режимі в режимі біологічного зворотного зв'язку на показники ВСР реєстрували 1-е відведення ЕКГ в усіх обстежених осіб з допомогою дистанційного монітора серцевого ритму Polar RS800CX в положенні сидячи після 10 хвилинної адаптації до умов реєстрації. Останні 5 хвилин адаптаційного періоду використовували для отримання фонових показників ВСР. У наступні 15 хвилин тривав сеанс діафрагмального дихання, після його завершення продовжували реєстрацію ЕКГ ще протягом 5 хвилин. Про ефективність впливу сеансу дихання на ВСР судили, порівнюючи перший та другий 5-хвилинний проміжок. Результати цього порівняння представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Динаміка показників варіабельності серцевого ритму під впливом однократного сеансу діафрагмального дихання

Показник	З застосуванням пристрою StressEraser (n=10)		Без застосування пристрою (n=10)	
	Фон	Після сеансу	Фон	Після сеансу
SD, мс	52,5±6,2	62,7±2,6*	54,9±5,4	61,4±5,6*
RMSSD, мс	34,3±4,3	46,5±3,8*	37,1±4,2	43,2±6,6
pNN50,%	18,6±1,5	22,8±1,8*	16,5±1,3	19,8±1,6*
TP, мс <sup>2</sup>	3797±345	4799±433*	3944±401	4585±434*
HF, мс <sup>2</sup>	762±108	894±144	725±223	764±156
LF, мс <sup>2</sup>	1781±223	2888±216*	1955±225	2664±301*
VLF, мс <sup>2</sup>	1254±176	1017±198*	1264±257	1157±232
LF/HF	2,3±0,21	3,2±0,23*	2,7±,22	3,5±0,24*
HF, %	20,1±4,4	18,6±3,7	18,4±4,7	16,7±3,9
LF, %	46,9±5,2	60,2±4,9*	49,6±3,6	58,1±3,9*
VLF, %	33,0±3,5	21,2±2,9*	32,0±3,3	25,2±2,9*

Примітка. \* – статистично вірогідна зміна по відношенню до фонового показника ( $p < 0,05$ )

Як свідчать наведені результати, у обох групах обстежених спостерігалась схожа динаміка показників ВСР, але її вираженість була різною. Спільним інтегральним ефектом діафрагмального дихання було суттєве зростання ВСР як за даними статистичних, так і спектральних показників. Так, SD у групі з застосуванням пристрою StressEraser, зросла на  $10,2 \pm 1,2$  мс ( $p < 0,01$ ); у групі без застосування пристрою – на  $6,5 \pm 2,4$  мс ( $p < 0,05$ ). Аналогічне зростання rNN50 у цих групах склало  $4,2 \pm 0,4$  % ( $p < 0,001$ ) та  $3,3 \pm 0,7$  % ( $p < 0,01$ ), відповідно. Показник RMSSD, що характеризує парасимпатичну ланку АНС, статистично вірогідно зростав тільки у першій групі відповідно на  $12,2 \pm 1,4$  мс ( $p < 0,01$ ) (див. табл. 1).

Зростання загальної ВСР підтверджують і спектральні показники, зокрема TP, який підвищився у обидвох групах відповідно на  $1002 \pm 145$  мс<sup>2</sup> ( $p < 0,01$ ) та  $645 \pm 189$  мс<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ). Перевагою спектрального аналізу серцевого ритму є можливість з'ясувати динаміку окремих ланок АНС під впливом діафрагмального дихання. Зокрема, у двох групах найбільших зсувів зазнав низькочастотний діапазон спектральної кривої LF, який згідно загальноприйнятої трактовки відображає активність симпатичної ланки АНС та судинно-рухового центру. Зростання потужності LF у групі з StressEraser склало  $1107 \pm 123$  мс<sup>2</sup> ( $p < 0,01$ ), у групі без застосування пристрою –  $709 \pm 109$ ; ( $p < 0,05$ ) (див. табл. 1). Однак в умовах глибокого діафрагмального дихання його частота в усіх учасників експерименту знаходилась в діапазоні 5-7 дихальних рухів за хвилину, що корелює із частотними характеристиками LF хвиль спектру серцевого ритму (0,1 Гц). Тому в цих умовах потужність LF діапазону характеризує не стільки активність симпатичної ланки АНС, а відображає дихальну періодичку. З цих же міркувань зростання коефіцієнту LF/HF у обидвох групах відповідно на  $0,9 \pm 0,16$  мс<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ) та  $0,8 \pm 0,18$  мс<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ) не слід трактувати як посилення активності симпатичної ланки АНС. Не виявлено вірогідних змін показника HF у 2-х групах. Потужність хвиль наднизькочастотного діапазону VLF вірогідно зменшувалась тільки у першій групі на  $237 \pm 56$  ( $p < 0,05$ ) (див. табл. 1). При аналізі відсоткової спектральної структури серцевого ритму до та після сеансу діафрагмального дихання встановлено, що у обох групах мало місце вірогідне зменшення питомої ваги хвиль наднизької частоти VLF% відповідно на  $11,8 \pm 2,2$ % ( $p < 0,01$ ) та  $6,8 \pm 2,4$ % ( $p < 0,05$ ) (див. табл. 1). Існує спільна думка про те, що збільшення цього показника та його питомої ваги в спектрі серцевого ритму (VLF%) означає «централізацію» керування серцевим ритмом і є ознакою зменшення адаптаційних можливостей організму. Отримані нами дані дозволяють стверджувати, що як однократний вплив діафрагмального дихання, так і 10-денний курс тренувань зменшує VLF та VLF% у більшості осіб на фоні зростання загальної ВСР. По суті йдеться про перерозподіл активності АНС на користь її периферичних відділів. Це в свою чергу, може трактуватися, як зростання регуляторного резерву організму [1].

Порівнюючи інтегральний вплив на ВСР діафрагмального дихання із застосуванням портативного

приладу біологічного зворотного зв'язку StressEraser та без нього за даними SD та TP, можна відмітити, що він був більш вираженим у першій групі, яка працювала з цим приладом і меншим у другій групі, учасники якої не використовували жодної пристрій (див. табл. 1). Механізм позитивного впливу глибокого діафрагмального дихання на фізіологічний стан організму вбачають у перерозподілі активності периферичних ланок АНС на користь парасимпатичного відділу, що проявляється у збільшенні загальної ВСР та індексів парасимпатичної ланки [3, 5]. Наші дані загалом підтверджують ці уявлення, про що свідчить вірогідне зростання SD та TP у обидвох групах обстежених. Однак при вивченні ефекту ізольованого сеансу глибокого дихання в найбільшій мірі зростав показник LF, який в звичайних умовах фізіологічного спокою відображає активність симпатичної ланки. Однак в умовах відносно повільного діафрагмального дихання, частота якого (5-7 дихальних рухів за хвилину) близька до низькочастотного діапазону спектру серцевого ритму LF (0,1 Гц), цей показник відображає не активність симпатичної ланки, а узгодження барорецепторного рефлексу з частотою дихання та серцевим ритмом. Таку частоту дихання, при якій досягається таке узгодження називають резонансною частотою (термін запропонував Lehrer) [8]. Показано, що під час тривалого вдиху (протягом приблизно 5 секунд) завдяки активації симпатичної ланки АНС серцевий ритм пришвидшується, одночасно активація барорецепторів стимулює серцевий ритм з метою не допустити зниження артеріального тиску. Під час видиху процеси розвиваються в протилежному напрямі. Зменшення об'єму грудної клітки створює тенденцію до підвищення артеріального тиску, зменшує імпульсацію від барорецепторів та рефлекторно активує парасимпатичну ланку, зменшуючи частоту серцевого ритму [6, 14]. Це пояснює, чому під час дихання з резонансною частотою ВСР зростає. Точна синхронізація серцево-судинної, дихальної та автономної нервової системи створює стан фізіологічної когерентності. Саме використання портативних електронних приладів біологічного зворотного зв'язку дозволяє людині візуально спостерігати рівень когерентності цих систем під час тренування і вносити необхідні корективи в паттерни власного дихання. Як свідчать отримані нами дані, ефективним з цієї точки зору є прилад StressEraser, який візуально відображає когерентність систем і дає візуальні підказки у випадку її зниження.

**Висновки.** Глибоке дихання в режимі біологічного зворотного зв'язку з використанням портативного пристрою StressEraser упродовж 15 хвилин суттєво впливає на функціональний стан автономної нервової системи за даними варіабельності серцевого ритму. Основні зміни у функціональному стані АНС полягають у зростанні загального тону автономної нервової системи та перерозподілі активності між її центральними та периферичними ланками на користь останніх. Дихальна гімнастика без використання пристрою біологічного зворотного зв'язку не дозволяє ефективно контролювати стан фізіологічної когерентності серцево-судинної, дихальної та автономної нервової системи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний, 1997. М.: Медицина, 235 с.
2. Ярмош И.В., Суворов Н.Б., Болдуева С.А. Применение кардиореспираторного тренинга у пациентов с острым инфарктом миокарда // Усовершенствованная медицинская технология, 2011. СПб, 25 с.
3. Biofeedback training to increase heart rate variability / Lehrer, P. // Principles and practice of stress management, 3 rd ed. / Lehrer, P.M., Woolfolk, R.L., Sime, W.E. (Eds.), 2007. New York: Guilford Press, P. 227-248.
4. Biofeedback treatment increases heart rate variability in patients with known coronary artery disease / Del Pozo, J., Gevirtz, R., Scher, B., Guarneri, E. // American Heart Journal, 2004, # 147, P. G1-G6.
5. Effects of Respiratory Sinus Arrhythmia Biofeedback Versus Passive Biofeedback Control / Sherlin, L., Gevirtz, R., Wyckoff, S., Muench, F. // International Journal of Stress Management, 2009. Vol. 16, # 3, P. 233-248.
6. Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow / [Lehrer, P., Vaschillo, E., Vaschillo, B., et al.] // Psychosomatic Medicine, 2003, # 65, P. 796-805.
7. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation, 1996. Vol. 93, # 5, P. 1043-1065.
8. Lehrer, P., Vaschillo, E. Heart rate variability biofeedback: A new tool for improving autonomic homeostasis and treating emotional and psychosomatic diseases // Japanese Journal of Biofeedback Research, 2004, # 30, P. 7-16.
9. Low heart rate variability and the effect of depression on post-myocardial infarction mortality / [Carney, R.M., Blumenthal, J.A., Freedland, K.E., et al.] // Archives of internal medicine, 2005. Vol. 165, # 13, P. 1486-1491.
10. Paul, G., Elam, B., Verhulst, S.J. A Longitudinal Study of Students' Perceptions of Using Deep Breathing Meditation to Reduce Testing Stresses // Teaching and Learning in Medicine, 2007. Vol. 19, # 3, P. 287-292.
11. Preliminary Results of an Open Label Study of Heart Rate Variability Biofeedback for the Treatment of Major Depression / [Karavidas, M.K., Lehrer, P.M., Vaschillo, E., et al.] // Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2007. Vol. 32, # 1, P. 19-30.
12. Thayer, J.F., Hansen A.L., Johnsen, B.H. The Non-invasive Assessment of Autonomic Influences on the Heart Using Impedance Cardiography and Heart Rate Variability // Handbook of Behavioral Medicine. – 2010. New York, NY: Springer Science+Business Media, LLC, P. 723-740.
13. The effects of respiratory sinus arrhythmia biofeedback on heart rate variability and posttraumatic stress disorder symptoms: A pilot study / [Zucker, T.L., Samuelson, K.W., Muench, F., et al.] // Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2009, # 34, P. 135-143.
14. Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P. Characteristics of resonance in heart rate variability stimulated by biofeedback // Applied Psychophysiology Biofeedback. – 2006. Vol. 31, # 2, P. 129-142.
15. Wheat, A.L Larkin, K. T.. Biofeedback of heart rate variability and related physiology: A critical review // Applied psychophysiology and biofeedback, 2010, # 35. P. 229-242.

#### REFERENCES

1. Baevsky, R.M., Berseneva, A.P. Evaluation of adaptive capabilities of the organism and the risk of diseases, 1997. Moscow: Medicine, 235 p.
2. Yarmosh, I.V., Suvorov, N.B., Boldueva, S.A. Application of cardiorespiratory training in patients with acute myocardial infarction // Improved medical technology, 2011. SPb, 25 p.
3. Biofeedback training to increase heart rate variability / Lehrer, P. // Principles and practice of stress management, 3 rd ed. / Lehrer, P.M., Woolfolk, R.L., Sime, W.E. (Eds.), 2007. New York: Guilford Press, P. 227-248.
4. Biofeedback treatment increases heart rate variability in patients with known coronary artery disease / Del Pozo, J., Gevirtz, R., Scher, B., Guarneri, E. // American Heart Journal, 2004, # 147, P. G1-G6.
5. Effects of Respiratory Sinus Arrhythmia Biofeedback Versus Passive Biofeedback Control / Sherlin, L., Gevirtz, R., Wyckoff, S., Muench, F. // International Journal of Stress Management, 2009. Vol. 16, # 3, P. 233-248.
6. Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow / [Lehrer, P., Vaschillo, E., Vaschillo, B., et al.] // Psychosomatic Medicine, 2003, # 65, P. 796-805.
7. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation, 1996. Vol. 93, # 5, P. 1043-1065.
8. Lehrer, P., Vaschillo, E. Heart rate variability biofeedback: A new tool for improving autonomic homeostasis and treating emotional and psychosomatic diseases // Japanese Journal of Biofeedback Research, 2004, # 30, P. 7-16.
9. Low heart rate variability and the effect of depression on post-myocardial infarction mortality / [Carney, R.M., Blumenthal, J.A., Freedland, K.E., et al.] // Archives of internal medicine, 2005. Vol. 165, # 13, P. 1486-1491.
10. Paul, G., Elam, B., Verhulst, S.J. A Longitudinal Study of Students' Perceptions of Using Deep Breathing Meditation to Reduce Testing Stresses // Teaching and Learning in Medicine, 2007. Vol. 19, # 3, P. 287-292.
11. Preliminary Results of an Open Label Study of Heart Rate Variability Biofeedback for the Treatment of Major Depression / [Karavidas, M.K., Lehrer, P.M., Vaschillo, E., et al.] // Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2007. Vol. 32, # 1, P. 19-30.
12. Thayer, J.F., Hansen A.L., Johnsen, B.H. The Non-invasive Assessment of Autonomic Influences on the Heart Using Impedance Cardiography and Heart Rate Variability // Handbook of Behavioral Medicine. – 2010. New York, NY: Springer Science+Business Media, LLC, P. 723-740.
13. The effects of respiratory sinus arrhythmia biofeedback on heart rate variability and posttraumatic stress disorder symptoms: A pilot study / [Zucker, T.L., Samuelson, K.W., Muench, F., et al.] // Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2009, # 34, P. 135-143.
14. Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P. Characteristics of resonance in heart rate variability stimulated by biofeedback // Applied Psychophysiology Biofeedback. – 2006. Vol. 31, # 2, P. 129-142.
15. Wheat, A.L Larkin, K. T.. Biofeedback of heart rate variability and related physiology: A critical review // Applied psychophysiology and biofeedback, 2010, # 35. P. 229-242.

#### The dynamics of heart rate variability indices in healthy young persons under the influence of diaphragmatic breathing in the biofeedback mode

V.P. Feketa, K.P. Meleha, O.S. Palamarchuk

**Abstract.** The influence of deep diaphragmatic breathing in biofeedback mode using handheld computer device StressEraser ("Helicor", USA) and without this device on heart rate variability (HRV) in healthy young men was investigated. It was established that breathing exercises lasting of about 15 minutes significantly affect the functional state of the autonomic nervous system (ANS). According to the HRV the deep breathing increases the overall tone of ANS activity and redistributed the relationship between its central and peripheral parts. The most effective influence on the functional state of ANS provides the device StressEraser.

**Keywords:** autonomic nervous system, heart rate variability, diaphragmatic breathing, breathing exercises, biofeedback device

## VETERINARY SCIENCE

### Blood biochemical parameters and associated interpretations in sport horses

I. Maksymovych<sup>1\*</sup>, L. Slivinska<sup>1</sup>, K. Buczek<sup>2</sup>, M. Staniec<sup>2</sup>, A. Milczak<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of internal diseases and clinical diagnostics, Faculty of Veterinary Medicine, Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after Gzhytskyj, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Department of Epizootology and Clinic of Infectious Diseases, Faculty of Veterinary Medicine, University of Life Sciences, Lublin, Poland

<sup>3</sup> Department of internal diseases and clinical diagnostics, Faculty of Veterinary Medicine, University of Life Sciences, Lublin, Poland

\*Corresponding author. E-mail: maksym\_vet@ukr.net

Paper received 17.11.15; Revised 23.11.15; Accepted for publication 30.11.15.

**Abstract.** In the article there are results of the study blood biochemical parameters in clinically healthy sport horses and compared them with the literature values set. The concentration of total protein, albumin, total bilirubin, glucose, urea nitrogen, creatinine, total calcium, inorganic phosphate, magnesium, potassium and sodium, activity of AST, ALT, GGT and ALP determined in serum 40 clinically healthy sport horses 4–15 years of age used in classical types of equestrian sports. All horses at the time of the study were clinically healthy and were at rest. In clinically healthy sport horses total protein, inorganic phosphate, magnesium and potassium in serum were lower, and the concentration of total bilirubin and glucose – higher compared to the defined limits of other authors. For the purpose of determine the level of disability sport horses in veterinary monitoring scheme should include limits of blood serum biochemical parameters.

**Keywords:** horse racing, blood serum, biochemical, physiological limits, diagnosis and monitoring

**Introduction.** Their impact horse has always been a special place among the livestock industries. After the domestication of the horse became a regular assistant to man, as used in various ways. And today the horse is a reliable assistant in everyday human of work, tourism, sport. Horse riding is one of the most exciting, colorful and dominant species present efforts [1].

In recent years Ukraine has increased the number of sports clubs and private owners of horses, competitions of different complexity. In this regard, it increases the demand for horse breeds sporting direction [2].

Classic equestrian of sports species characterized by considerable complexity and high requirements for animals. Insufficient training sport horses can lead to dysfunction of the cardiovascular system, damage muscles and joints, neurological disorders [3–5].

Laboratory research is a type of early diagnosis of diseases of internal organs and an essential part of clinical practice veterinary [6, 7]. Their use allows to diagnose diseases occurring latent or no characteristic symptoms [8]. Such studies are used to monitor the health of the animal and planning physical activities of sport horses [9].

It should be noted that morphological and biochemical blood parameters in horses that do the heavy lifting may vary within the same species. Although there are reports in the literature on studies of biochemical blood parameters in horses of various productive direction [10–12] but they are not covered or are limited to certain publications in clinically healthy sport horses [13–15].

**The aim of this study was research** some blood biochemical parameters in clinically healthy sport horses and compare the results with values set according to the literature.

**Materials and methods.** The material for the study were 40 clinically healthy sport horses (13 mares, 10 stallions and 17 geldings) 4–15 years old, which are used in classical types of equestrian sports. Horses kept in condi-

tions equestrian sports institutions in the city of Lviv and Lviv region.

Collection of blood samples was carried out before the morning feeding. All the horses were resting and at the time of the study were clinically healthy.

Blood samples were taken from the jugular vein using injection needles Ø 16 × 40 mm into the vacuum blood tubes, 10 ml (Vacutest, Italy). The biochemical blood tests carried out of sport horses at the Laboratory Department of Internal Diseases and Clinical Diagnostics of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

After collection of blood samples into the vacutainer tube without EDTA they were centrifuged at 3000 U/min for 10 min. to fractionated blood separated serum was evaluated. Concentrations of serum total protein (TP), albumin (Alb), total bilirubin (TBIL), glucose (Glu), urea (Urea), creatinine (Crea), total calcium (Ca), inorganic phosphate, (P), magnesium (Mg), alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), gamma-glutamyl transpeptidase (GGT) and the alkaline phosphatase (ALP) activities were measured using an automated blood biochemical analyzer BS-120 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., P.R. China) by using the PZ Cormay S.A. (Poland) reagents. Concentrations of serum potassium (K), sodium (Na) were measured using an semiautomatic blood biochemical analyzer BioChem SA (USA) by using the High Technology Inc., Production RD Walpole (USA) reagents.

Mathematical analysis of the results was performed by using the software Microsoft Office Excel 2007.

**Results and discussion.** To assess the state of health of the animal, the analysis of the functional state of organs and systems, and diagnosis of diseases is recommended to determine the basic laboratory tests [16]. In practical work of veterinary specialists are situations where deviations in laboratory values are key in the diag-

nosis of diseases. In the interpretation of laboratory results of blood in animals, particularly horses, must take into account the breed, age, sex, physical activity [8].

The content of total protein in serum described as normo-, hyper- and hypoproteinemia. In the vast majority of internal diseases recorded hypoproteinemia, which has a secondary character [16].

Reduction of total protein in serum often develops insufficient receipt with food protein, the liver and kidney diseases. Less logged increase its concentration, particularly in protein overfeeding, dehydration, certain liver diseases [8].

The average value of total protein in serum sport horses were at the lower limit (Table) established for the animal species limits [8, 17, 18]. However, albumin content was high (Table), due to their sufficient synthesis in hepatocytes [19]. It should be noted that half of the total number of plasma proteins albumin falls on that in a healthy organism quickly updated. Owing to the large concentration of albumin, high their small size and hydrophilic molecules, they perform an important function in maintaining colloidal osmotic pressure of blood. Albumins have the ability to form chemical complexes with many biologically active substances, fulfilling the function of detoxification. Determining the level of albumin in the blood plays an important role for assessing the severity of diseases associated with hypoalbuminemia [16].

Research concentration of bilirubin in the blood is mainly used for the diagnosis of liver diseases in animals.

The concentration of total bilirubin in serum sport horses varies widely (Table) and went beyond the physiological limits cited in the literature [8, 17, 18]. The differences in terms of bilirubin, according to various authors [8], are in geographical, animal feed, terms of intake and blood tests, research methods, equipment used in laboratories.

In the study of glucose (Table) we found slightly higher value in serum sport horses compared with literature data [8, 17, 18]. In our opinion, hyperglycemia in sport horses associated with constant stress (exercise) [20].

In clinical practice, research concentrations of urea and creatinine are mainly used to diagnose kidney disease [19]. The concentration of urea in blood serum sport horses (Table) was slightly higher compared to published data [8, 17, 18]. However, we found the message [18], which indicates that the upper limit of urea concentration in healthy horses can be 9,6 mmol/l.

Increase in serum creatinine may be due to both increased its formation and delay metabolite in the body. The concentration of creatinine depends on body weight, level of feeding, muscle development [21]. In sport horses investigated concentration in serum creatinine was within physiological limits (Table).

The enzymes AST and ALT localized mainly in the liver cells, heart, skeletal muscles, but in normal myocardium and skeletal muscle activity AST exceeds ALT activity in 20 times, and in the liver – 3 times. Research aminotransferase activity used to diagnose diseases of the skeletal muscles, liver disease and heart [19].

**Table** – Biochemical parameters of blood of healthy sport horses (M±m, n=40)

Parameter	Blood biochemical parameters of sport horses		Reference indices from the literature		
	M±m	lim	Vlizlo V., 2014 [8]	Winnicka A., 2008 [17]	Southwood L. 2013 [18]
Total protein, g/l	62,9±1,00	57,5–70,5	65,0–80,0	60,0–78,0	46,0–69,0
Albumin, g/l	38,6±0,64	33,8–41,7	25,0–37,0	29,0–59,0	25,0–42,0
Total bilirubin, μmol/l	25,3±2,98	10,5–42,9	7,0–17,0	13,7–25,6	1,7–32,5
Glucose, mmol/l	5,2±0,17	3,8–6,4	3,0–5,0	3,1–6,2	4,0–6,3
Urea, mmol/l	5,3±0,23	3,8–7,5	3,5–6,0	4,1–7,4	2,9–9,6
Creatinine, μmol/l	137,0±5,40	103,5–167,2	100,0–160,0	106,1–167,9	53,1–159,2
AST, U/l	265,0±10,66	196,0–333,0	50,0–200,0	205,0–555,0	205,0–555,0
ALT, U/l	6,4±0,65	3,0–11,0	5,0–15,0	3,0–25,0	–
GGT, U/l	112,2±8,45	63,0–175,0	100,0–250,0	109,0–315,0	109,0–315,0
ALP, U/l	12,8±1,10	8,0–23,0	20,0–40,0	12,0–45,0	12,0–45,0
Ca, mmol/l	2,87±0,036	2,67–3,08	2,5–3,5	2,25–3,12	2,7–3,4
P, mmol/l	0,88±0,057	0,60–1,33	1,2–1,8	1,13–1,90	0,6–1,7
Mg, mmol/l	0,77±0,022	0,61–0,88	0,7–1,0	0,70–1,15	0,7–1,0
Na, mmol/l	140,4±1,54	132,2–150,7	135,0–145,0	139,1–156,5	132,0–141,0
K, mmol/l	3,5±0,17	2,6–4,5	2,8–4,8	3,5–4,7	2,7–4,9

According to the research found that the average values of AST activity in serum of sport horses (Table) were within physiological limits [8, 17, 18]. However, our preliminary investigations it was found that the horses Hutsul breed AST activity varies within 358,0–574,0 U/l [21].

Indicators of activity in serum ALT sport horses (Table.) did not differ from those by other authors [8, 17, 18].

Research activity in serum GGT acquired great importance for the diagnosis of liver and hepatobiliary tract disease. GGT activity in serum sport horses (Table) is in the physiological limits [8, 17, 18].

ALP activity depends on the age and physiological state of animals. Research ALP is mainly used for diagnosis of bone disease and diseases of the liver and biliary tract [8,

16, 19]. In our studies ALP activity in serum sport horses do not exceed physiological limits [8, 17, 18].

Calcium plays an important role in vital processes of body. It affects the penetration of biological membranes, is involved in neuromuscular conduction, contraction and relaxation of muscles, including the heart muscle, cartilage and bone formation [16]. The obtained results in serum calcium sport horses (Table) consistent with other authors [8, 17, 18].

The concentration of inorganic phosphorus in serum parathyroid depends on the function and thyroid glands, kidney, exchange vitamin D [16].

Magnesium – electrolyte which metabolism is closely associated with calcium metabolism. In animals there is

no mechanism of regulation of the content of magnesium in the blood, so maintaining its normal level is possible only with the regular flow of food [16].

We found that the average content of inorganic phosphorus and magnesium in blood serum sport horses were low (Table) and is not consistent with the literature [8, 17, 18]. The discrepancy is probably related to climatic factors, natural features animal feeding sports horses, physical activity [20].

Among the minerals special attention should be paid to the research content of sodium and potassium in the blood. The content of sodium in the blood serum of sport horses varies widely (Table), but the average value does not exceed limits established by other authors [8, 17, 18].

Potassium ions are involved in the regulation of the heart, nervous system, skeletal and smooth muscles. The average value of content of potassium serum sport horses

approaching the lower limit physiological values (Table), apparently due to its insufficient intake of food [19].

Established limits on biochemical indicators of blood serum can serve as reference values for sport horses, used for the diagnosis and differential diagnosis of disease, predict outcome and effectiveness of treatment and to determine the level of efficiency in the scheme of veterinary animal health monitoring.

### Conclusions

1. In clinically healthy sport horses total protein, inorganic phosphate, magnesium and potassium in serum were lower, and the concentration of total bilirubin and glucose – higher compared to the defined limits of other authors.

2. With a view to determine the level of disability sport horses in the scheme of veterinary health monitoring should include studies of blood serum biochemical parameters.

### REFERENCES

1. Hopko, B.M. Unconventional horse (manual) / B.M. Hopka, V.D. Suday, V.Ye. Skotsyk. – Kyiv: Higher Education, 2008. – 191 p.
2. Shulga, I. Status of equestrian sports in Ukraine as a result of participation in major competitions in 2013 / I. Shulga, Kirichenko. // The first Ukrainian equestrian magazine. – 2015. – № 25 (31). – P. 9-15.
3. Shestakova, A.N. Cardiac activity under the influence of sport horses training: abstr. dis. cand. biol. sc.: spec. 03.00.13 "Physiology" / A.N. Shestakova – Moscow, 2009. – 20 p.
4. Change the resistance of red blood cells in peripheral blood sport horse under the influence of physical activity / [A.V. Andriychuk, I.V. Tkachova, H.M. Tkachenko et al.]. // Scientific and technical bulletin. – Lviv, 2012. – Vol. 13. – № 3-4. – P. 299-307.
5. Nizhegorodova, O.V. Myocardiodystrophy at trotting horses. Etiology, Diagnosis and Treatment: abstr. dis. cand. vet. sc.: spec. 16.00.01 "Diagnostics of illnesses and therapy of animals" / O.V. Nizhegorodova – Ekaterinburg, 2006. – 22 p.
6. Clinical diagnosis of internal diseases / [V.I. Levchenko, V.V. Vlizlo, I.P. Kondrahin et al.]; Ed. V.I. Levchenko. – White Church, 2004. – 608 p.
7. Sharandak, P.V. Informational CK and lactate dehydrogenase for the diagnosis of subclinical course miokardiodys in high-trophy cows / P.V. Sharandak, V.I. Levchenko, V.V. Sharandak. // Sc. Herald of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology n.a. S.Z. Gzhytsky. – Lviv, 2010. – Vol. 12, number 2 (44), part. 1. – P. 330-335.
8. Laboratory diagnostics in veterinary medicine: Reference / [V.V. Vlizlo, L.H. Slivinska, I.A. Maksymovych et al.]. – Lviv: Poster, 2014. – 152 p.
9. Gurgoze, S.Y. The influence of age on clinical biochemical parameters in pure-bred Arabian mares / S.Y. Gurgoze, H. Icen // J. Equine Vet. Sci. – 2010. – Vol. 30 (10). – P. 569-574.
10. Shcherbaty, A.R. Diagnostic criteria and treatment and preventive measures for hypokobaltosys and hypokuprosys of Hutsul breed mares in biogeochemical province of Transcarpathia: Abstr. dis. cand. vet. sc., specials. 16.00.01 "Diagnosis and therapy of animals" / A.R. Scherbatyy. – Bila Tserkva, 2012. – 20 p.
11. Borovkov, S.B. Functional state of cardiovascular Ukrainian horse breed horses, depending on age / [S.B. Borovkov, M.I. Koronev, V.M. Borovkova] // Sc. Bulletin of Veterinary Medicine : Coll. Sc. Works. – Bila Tserkva, 2013. – Vol. 11 (101). – P. 22-25.
12. The influence of age and gender on haematological parameters in Lipizzan horses / N. Čebuli-Kaudune, M. Božic, M. Kosec, V. Cestnik. // Journal of veterinary medicine. – 2002. – Vol. 49. – P. 217–221.
13. Gorbunova, N.D. Effect of Doping micronutrient supplements to restore competition horses after intensive physical exertion: Abstr. dis. cand. biol. sc.: spec. 03.00.13 "Physiology" / N.D. Gorbunova. – Ryazan, 2009. – 20 p.
14. Holovakha, V.I. Functional state of the liver and its pathology in horses (etiology, pathogenesis and diagnosis): Abstr. dis. dr. vet. sc., specials: 16.00.01 "Diagnosis and therapy of animals" / V.I. Holovakha. – Bila Tserkva, 2004. – 43 p.
15. Kovalchuk, N.A. Metabolic profile of blood and the immune system of sport horses under the conditions of exercise: Abstr. dis. cand. sc. vet. sc., spec.: 03.00.04 "Biochemistry" / N.A. Kovalchuk. – Lviv, 2013. – 20 p.
16. Kamyshnikov, V.S. Guide to clinical and biochemical research and laboratory diagnostics / V.S. Kamyshnikov. – M. : MEDpress-Inform, 2004. – 920 p.
17. Winnicka, A. Wartości referencyjne podstawowych badań laboratoryjnych w weterynarii / A. Winnicka. – Warszawa: SGGW, 2008. – 122 p.
18. Southwood, L.L. Practical Guide to Equine Colic / L.L. Southwood. – Portland: Wiley-Blackwell Inc. Published, 2013. – 356 p. – (First Edition).
19. Veterinary Clinical Biochemistry / [V.I. Levchenko, V.V. Vlizlo, I.P. Kondrahin et al.]; Ed. V.I. Shevchenko and V.L. Halyas. – White Church, 2002. – 400 p.
20. Lindner, A. Use of blood biochemistry for positive performance diagnosis of sport horses in practice / A. Lindner. // Revue Méd. Vét. – 2000. – № 151 (7). – P. 611–618.
21. Hematological and serum biochemical reference values in healthy working horses Hutsul breed / [I. Maksymovych, L. Slivinska, S. Winiarczyk et al.]. // Science and Education a New Dimension Natural and Technical Sciences. – 2015. – № III (5). – P. 47-50.



## BIOLOGY

# Coprophilous microfungi of the genus *Sporormiella* Ellis & Everh. from Ukraine

O.V. Korolyova

Mykolayiv V.O. Sukhomlynsky National University, Mykolayiv, Ukraine

Paper received 02.12.15; Revised 07.12.15; Accepted for publication 09.12.15.

**Abstract.** Data on morphological and ecological features, and distribution of 10 species of *Sporormiella* (Pleosporales, Dothideomycetes) of Ukraine are presented. Three species of *Sporormiella* (*S. australis* (Speg.) S.I. Ahmed & Cain, *S. minima* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain, *S. vexans* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain) were not previously described for the Steppe zone of Ukraine. The detailed description of all the species, synonyms, substrates, and localities in Ukraine and world distribution are also provided as well as the identification key.

**Keywords:** coprophilous microfungi, Dothideomycetes, *Sporormiella*, species diversity, ecological features

**Introduction.** Microscopic fungi that develop on the animal excrement belong to the ecological group of coprophilous species. Recently, a number of articles describing new species of coprophilous fungi were published [8, 14, 16, 17]. We also have described a new species of the genus *Sporormiella* Ellis & Everh., *S. tomilini* [5]. Currently, many members of the coprophilous loculoascmycetes of the genus *Sporormiella* are insufficiently investigated in Ukraine and require careful study.

**Overview of the publications.** Genus *Sporormiella* was described in 1892 by J.B. Ellis and B.M. Everhart based on a single new species found in cow dung, *Sporormiella nigropurpurea* [6]. The main feature by which the authors distinguish *Sporormiella* Ellis & Everh. from *Sporormia* De Not. was the presence of stromata on the surface of the substrate, but in the subsequent investigations of a representative sample of *S. nigropurpurea* it was not confirmed. This fact has called into question the validity of the description of the genus *Sporormiella*, and stimulated a systematic review of certain species belonging to the genera *Sporormia* and *Sporormiella*.

A. Breton in 1964 proposed to divide the genus into two genera, *Sporormia* and *Sporormiopsis* [12]. The distinguishing characteristic of the genus *Sporormia* is the presence of cylindrical ascospores that are united by a common gelatinous sheath in a cylindrical formation in the center of the asc. All other species of the former genus *Sporormia* with cylindrical or clavate ascospores, each of which has an individual gelatinous sheath were assigned to the new genus *Sporormiopsis* [12]. Using as the types species for the new genus *Sporormiopsis* Bret. et Faur. the former species *Sporormia minima* Auersw. was renamed as *Sporormiopsis minima* (Auersw.) Breton & Faurel in their revision of the genera *Sporormia* and *Sporormiella* reverted to the earlier published name *Sporormiella*, and *Sporormiopsis* was listed as a synonym [6].

In modern taxonomy genus *Sporormiella* is assigned to the family *Sporormiaceae*, order *Pleosporales*, subclass *Pleosporomycetidae*, class *Dothideomycetes*, division *Ascomycota* [22]. All of the currently known 60 *Sporormiella* species are found on all the continents [10-13, 19, 21]. In Ukraine, species of the genus were described from the territory of Polissia, Forest-steppe, and Mountainous Crimea [1-4]. Most of our research provides information on the least explored area of the Steppe zone where only 2 species were previously described, *Sporormiella intermedia* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain ex Kobayasi and *S. lageniformis* (Fuckel) S.I. Ahmed & Cain, found in Lugansk Nature Reserve [3].

**Purpose.** The purpose of the research was study the species diversity of *Sporormiella* (Dothideomycetes, Ascomycota) from Ukraine, to identify the morphological and ecological characteristics, and distribution of the studied mycobiota.

**Materials and methods.** Samples of dung were collected during 2000-2014 years in expeditions to the Steppe zone of Ukraine as well as were from the National Herbarium of Ukraine at the M.G. Kholodny Institute of Botany (KW). Mycological samples were collected according to the conventional methods [9]. Fruiting bodies of micromycetes were isolated from the substrate by a wet chamber method. Identification of species was done using light microscopy, taxonomic descriptions, and handbooks [6, 10, 11]. Taxonomic names of fungi strictly follow the international database «Index Fungorum» [22]. Herbarium specimens of the fungi were deposited to the National Herbarium of Ukraine at the M.G. Kholodny Institute of Botany (KW) and at the herbarium of I.I. Mechnikov Odessa National University (MSUD).

**Results and Discussion.** Analysis of the collected material and of all the deposited herbarium specimens have shown that the diversity of genus *Sporormiella* in Ukraine is represented by 10 species. Three species of *Sporormiella* were not previously described for the Steppe zone of Ukraine. Below, the description of all the species is given in the alphabetical order. The source, synonyms, substrates, and localities in Ukraine and the world distribution are also provided.

*Sporormiella australis* (Speg.) S.I. Ahmed & Cain, Can. J. Bot. 50(3): 434 (1972).

Ascomata scattered, immersed or partially immersed in the substrate, globose, with short papilliform neck and rounded hole, 240-270 µm, smooth, bare, dark brown. Asci 130-135 × 19-22 µm, cylindrical, 8-spore, spores arranged in two rows. Pseudoparaphyses numerous, filiform, unbranched, septate. Ascospores cylindrical-fusiform, 38-44 (-46) × 7-8 µm, sometimes slightly curved, dark brown, transversely 3-septate, easy to break down into individual cells in places all septa, terminal cells tapered, germ slits located diagonally, zigzag, gelatinous sheath colourless, narrow.

Mykolaiv region, Yelanetskyi district, Nature Reserve «Yelanetskyi Step», steppe plot, on dung of roe deer (*Capreolus capreolus* L., 1758), 8.07.2012.

General distribution: Europe, North America, South America, Africa, Australia, New Zealand.

Note. This species is described for the first time for the Steppe zone of Ukraine. Previously, it was known only from National Park «Desniansko-Starohutskyi» [1, 3].

*Sporormiella corynespora* (Niessl) S.I. Ahmed & Cain, Can. J. Bot. 50(3): 435 (1972).

Ascomata scattered or loosely aggregated, immersed when young, becoming nearly superficial when old, subglobose, with papilliform neck and wide hole, 320-400 µm, smooth, bare, black. Asci 150-200 × 20-23 µm, cylindrical-clavate with a short stipe, 8-spored. Pseudoparaphyses a few, filiform, septate. Ascospores clavate, 50-59 × 10-11.5 µm, straight and curved, dark brown, transversely 7-septate, third cell is much larger than the other, spores do not break up into separate segments, terminal cells are large, the first cell is conical, the last cell round-conical, germ slits located diagonally, zigzag, no drops of oil, gelatinous sheath colourless, narrow.

General distribution: Europe, North America, Australia. In Ukraine it was known from National Park «Sviati Gory» [3]. On dung of rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L., 1758), cervids (Cervidae).

*Sporormiella cymatomera* S.I. Ahmed & Cain, Can. J. Bot. 50(3): 438 (1972).

Ascomata scattered, immersed or partially immersed, at maturity almost superficial, pear-shaped, with short papilliform neck and rounded hole, 270-318 × 200-220 µm, soft, dark brown. Asci 135-143 × 15.5-17.5 (-19.0) µm, cylindrical, rounded at the apex, extended downwards, with a short stipe, 8-spored, spores arranged in two or three rows. Pseudoparaphyses numerous, unbranched, septate. Ascospores fusiform, 40-44.5 (-49.0) × 7-9 µm, straight or curved, dark brown, transversely 3-septate, spores are break down (separated) mainly in place central septum, terminal cells tapered, the first cell ascospores conical, slightly narrowed at the apex, the last cell rounded, germ slits located diagonally, direct, gelatinous sheath colourless, broad.

General distribution: Europe (Denmark, Spain, Netherlands, Ukraine, Sweden), North America (Canada, USA), South America (Argentina), Africa (Kenya), Australia, New Zealand. On dung of horse (*Equus ferus* Boddaert, 1785, *E. ferus caballus*).

Note. *Sporormiella cymatomera* is morphologically close to *Sporormiella lageniformis*. *S. cymatomera* differs from the latter by transverse septae and parallel germ slits of the spores. Spores of *S. lageniformis* are characterized by oblique septae and diagonal germ slits. Described for the first time for Ukraine in 2010 [2].

*Sporormiella intermedia* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain ex Kobayasi, Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo 12: 339 (1969).

Ascomata scattered or aggregated in small groups, embedded when young, becoming more or less superficial when old, subglobose to pyriform, with short papilliform neck, 150-250 µm, smooth, bare, dark brown to black. Asci 145-175 × 24-28 µm, cylindrical-oval, slightly broader below the middle, 8-spored. Pseudoparaphyses filiform, septate, longer than the asci. Ascospores cylindrical, 47-59 × 9-11(-12) µm, broadly rounded at the ends, straight or curved, dark brown at maturity, transversely 3-septate, segments easily separable, terminal cells widely rounded, germ slit located diagonally, zigzag, gelatinous sheath colourless, broad.

Mykolaiv region, Yelanetskyi district, Nature Reserve «Yelanetskyi Step», steppe plot, on dung of roe deer, 8.07.2012; Kherson region, Chaplynskyi district, Askania-Nova Biosphere Reserve, steppe plot, on dung of hare, 26.05.2013.

General distribution: Europe, Asia, North America, South America, Africa, New Zealand, Arctic. On dung of hare

(*Lepus europaeus* Pallas, 1778), roe deer (*C. capreolus*), cow (*Bos taurus* L., 1758; *Bos taurus taurus*, domestic), rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L., 1758), cervids (Cervidae).

Note. This species is morphologically similar to *Sporormiella teretispora* S.I. Ahmed & Cain, but differs with respect to the width of asci and ascospores (60-66 × 10-13 µm) [6, 11]. Some authors characterise this species along with *S. minima* as endophytic [20].

*Sporormiella lageniformis* (Fuckel) S.I. Ahmed & Cain, Can. J. Bot. 50(3): 446 (1972).

Ascomata scattered, immersed or partially semiimmersed in the substrate, subglobose, with elongated papilliform neck, 400-500 × 450-580 µm, black. Asci 120-145 (158) × 18-20 (25) µm, cylindrical, 8-spore, spores arranged in two of three rows. Pseudoparaphyses numerous, filiform, unbranched, septate. Ascospores elongate-clavate, 35-49 × 7-8.5 µm, straight or sometimes slightly curved, brown, 3-septate, to break down into individual cells in places all septa, septa are oblique, terminal cells conical, slightly narrowed at the apex, germ slits located diagonally, zigzag, gelatinous sheath colourless, broad.

General distribution: Europe (Ukraine, Latvia), Asia (Far East), North America. In Ukraine it was known from Luhanskyi Nature Reserve [3]. On dung of horses, deers, roes, boars.

*Sporormiella megalospora* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain, Can. J. Bot. 50(3): 449 (1972).

Ascomata immersed in the substrate, globose, 250-300 × 200-300 µm, with a wide hole at maturity, black. Asci 180-200 × 25-32 µm, cylindrical, with a short stipe. Pseudoparaphyses numerous, filiform, unbranched, septate. Ascospores cylindrical-clavate, 52.5-78.5 × 11.5-13 µm, straight or slightly curved, from greenish-brown to dark brown, transversely 3-septate, spores are break down mainly in place central septum, terminal cells conical, germ slits located diagonally, zigzag, gelatinous sheath colourless, narrow.

General distribution: Europe (Denmark, Lithuania), North America (Canada). In Ukraine it was known from National Park «Sviati Gory» [3]. On dung of cervids (Cervidae).

*Sporormiella minima* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain, J. scient. ind. Res. 12(3): 241 (1970).

Ascomata scattered or loosely aggregated, immersed when young, becoming nearly superficial when old, subglobose to nearly pyriform, 90-130 µm, smooth, bare, with short papilliform neck, dark brown to nearly black. Asci (80-) 90-100 × 13-18 µm, cylindrical oval with a short stipe, 8-spored, with spores obliquely arranged in two or three rows. Pseudoparaphyses a few, filiform, septate. Ascospores cylindrical, 28-33 (-36) × 5-6 µm, broadly rounded at the ends, straight or curved, ranging from colourless when young through yellowish brown to dark brown, transversely 3-septate, break up into segments primarily on the central septum, cells nearly equal in size, terminal cells widely rounded, germ slit arranged in parallel, zigzag, gelatinous sheath colourless, narrow.

Mykolaiv region, Yelanetskyi district, Nature Reserve «Yelanetskyi Step», steppe plot, on dung of cow (*B. taurus taurus*, domestic), 8.05.2009 p.; Zaporizhzhya region, Kamiansko-Dniprovskyi district, the vicinity of the village Velyka Znamianka, on dung of cow, 16.08.2013.

General distribution: Europe, Asia, North America, South America, Africa, Australia, New Zealand, Arctic. On dung of cow (*B. taurus taurus*, domestic).

Note. This species is common in Ukraine [2], but for the Steppe zone of Ukraine is described for the first time. According to the literature it can be isolated from soil samples [4, 18].

*Sporormiella minimoides* S.I. Ahmed & Cain, Can. J. Bot. 50(3): 450 (1972).

Ascomata scattered or loosely aggregated, semi-immersed, becoming nearly superficial when old, subglobose to nearly pyriform, 160-220 µm, smooth, bare, with short papilliform neck, dark brown to nearly black. Asci 90-100 × 16-17 µm, cylindrically oval with a short stipe, 8-spored, with spores obliquely arranged in two or three rows. Pseudoparaphyses filiform, septate. Ascospores cylindrical, 28-35 × 6-7 µm, broadly rounded at the ends, straight or curved, from olivaceous brown to dark brown, transversely 3-septate, break up into separate segments in places all septa, terminal cells widely rounded, germ slits located diagonally, direct, gelatinous sheath colourless, narrow.

General distribution: Europe (Bulgaria, Lithuania, Ukraine), Asia (China), Africa (South Africa), North America (Canada, Mexico). On dung of roe deer (*C. capreolus*).

Note. *Sporormiella minimoides* by morphological features is similar to the common for Ukraine *S. minima* and differs from the latter by the width of the spores and by the separation pattern and orientation of germ slit [6]. In *S. minimoides* spores are wider and separate into individual cells at the site of all the septae, whereas in *S. minima* – mostly at the central septum. Germ slits of *S. minimoides* are diagonal and straight, but in *S. minima* are parallel to the longitudinal axis of the cell and zigzag bent. Previously, *S. minimoides* was known from National Park «Desniansko-Starohutskiyi» [1].

*Sporormiella tomilini* O.V. Korol., Mikol. Fitopatol. 34(5): 11 (2000).

Ascomata scattered, immersed or partly immersed in the substratum, pear-conical, with a wide hole at the apex, 250-300 µm, glabrous, black. Asci cylindrical-clavate, 160-200 × 20-23 µm, 8-spore. Pseudoparaphyses numerous, elongated, unbranched. Ascospores fusiform, straight and slightly curved, with 7 partitions (third cell of spores wider than the other), with a deep constriction, dark brown, with small drops of oil, 55-70 × 13-15 µm. Mature spores easily break down into individual cells. Young spores colored, with drops, banners less expressive. surrounded by thick mucosa.

Kherson region, Holoprystanskyi district, the vicinity of the village Vynohradove, plot the sandy steppe, on dung of rabbit, 5.09.1998.

General distribution: Ukraine; holotype was deposited to the herbarium of the National Herbarium of Ukraine at the M.G. Kholodny Institute of Botany (KW).

Note. This species is morphologically similar to *Sporormiella corynespora* Niessl with respect to the structure and size of ascomata, the size and shape of asci, the eight cell composition of spores, both species have straight and curved spores, the third cell of the spores is significantly larger than other cells [5]. However, *S. corynespora* has distinctive features, mainly in the spore morphology. *S. corynespora* spores are smaller (50-59 × 10.0-11.5 µm [10]), the terminal cells are significantly larger, pear-shaped, as in the species described, septae less pronounced, spores do not separate into segments, there are no oil droplet inclusions, significantly thinner gelatinous spore sheaths, and generally are clavate shaped spores, not fusiform.

*Sporormiella vexans* (Auersw.) S.I. Ahmed & Cain, Can. J. Bot. 50(3): 374 (1972).

Ascomata scattered, immersed or partly immersed in the substratum, pear-shaped, with a wide hole, 250-320 µm, bare, dark brown. Asci 135-180 × 17.5-22 µm, cylindrical-clavate, 8-spored. Pseudoparaphyses numerous, filiform, unbranched, septate. Ascospores fusiform, 35-45 × 7.5-9 µm, straight and curved, dark brown, transversely 7-septate, mature spores split into individual cells, terminal cells rounded-conical, not equal sides, germ slits located diagonally, zigzag, gelatinous sheath colourless, narrow.

Zaporizhzhya region, Zaporizhzhya, island Khortytsia, National Park «Khortytsia», steppe, on dung of roe deer (*C. capreolus*), 14.05.2008; Mykolaiv region, Yelanetskyi district, Nature Reserve «Yelanetskyi Step», steppe, on dung of roe deer, 13.04.2012.

General distribution: Europe, Asia, North America New Zealand. On dung of roe deer (*C. capreolus*).

Note. This species is described for the first time for the Steppe zone of Ukraine. Previously, it was known only for Polissia [1, 3]. The size of asci and spores of the investigated samples insignificantly differ from holotype [6], which is common for the genus *Sporormiella* [7].

A detailed analysis of our results, the herbarium specimens, and literature allows us to propose the following key for the identification of the studied species of *Sporormiella*:

- 1 – Ascospores transversely 3-septate ..... (2)
  - Ascospores transversely 7-septate ..... (8)
- 2 – Ascospores less than 36 µm long ..... (3)
  - Ascospores over 36 µm ..... (4)
- 3 – Ascospores 6 µm or less in width - 28-33 (36) × 5-6 µm ..... *S. minima*
  - Ascospores 6 µm or more in width, 28-35×6-7 µm ..... *S. minimoides*
- 4 – ascospores less than 46 µm in length ..... (5)
  - Ascospores more than 46 µm in length ..... (7)
- 5 – Ascospores septa oblique, ascospores 35-40 × 7-8 µm ..... *S. lageniformis*
  - Ascospores septa transverse and straight ..... (6)
- 6 – Germ slits parallel, 40-45 × 7-9 µm ..... *S. cymatomera*
  - Germ slits diagonal, ascospores 38-44 (46) × 7-8 (9) µm ..... *S. australis*
- 7 – Ascospores less than 60 µm in length - 46-59 × 9-11 (12) µm ..... *S. intermedia*
  - Ascospores larger, 71-87x17-18 µm ..... *S. megalospora*
- 8 – Ascospores less than 45 µm in length, 35-45 × 7.5-9 µm ..... *S. vexans*
  - Ascospores more than 45 µm in length ..... (9)
- 9 – Ascospores less than 60 µm in length, 45 (50) -59 (60) × 10-12 µm ..... *S. corynespora*
  - Ascospores less than 60 µm in length, 60-70 × 13-15 µm ..... *S. tomilini*

Some researchers have recorded a trend toward specialization of coprotrophs to the excrements of certain taxonomic groups of animals, however overall the fungi of this ecological group demonstrate a broad tolerance with the respect to the substrate [6, 19]. The substrates for the development of *Sporormiella* are the excrements of animals with different types of the digestive system, soil, plant debris [4, 10, 11]. The greatest number of species we found in the litter of *C. capreolus*.

We compared the species composition of the genus *Sporormiella* of Ukraine with other countries using Jaquard's Index. It was found that species composition of *Sporormiella* of Ukraine is close to the composition of that of Italy, Lithuania, and the United Kingdom correspondingly to the highest level of similarity (Kj from 0.60 to 0.75). The level of similarity is high due to the large number cosmopolitan species. The low degree of similar-

ty was found in the species composition of *Sporormiella* of Ukraine of and New Zealand, China, Russia, and the Arctic areas (Kj from 0.14 to 0.26).

**Conclusions.** Species diversity of genus *Sporormiella* in Ukraine is presented by 10 species that have dark-colored multicellular cylindrical or club-shaped ascospores with individual gelatinous sheath. The main diagnostic features of species are dimensions of the ascospores, the number of cells in the ascospore, the direction of septa and germ slits.

The substrate for fungi of the genus *Sporormiella* is not only animal excrements of certain taxonomic groups, but also the soil, and plant debris. New locations of these loculoascomyces in Ukraine can be predicted, taking into account the widespread trophic specialization of these species.

#### REFERENCES

- Holubtsova, U.I. New for Ukraine species of ascomycetes profile. I. Pyrenomycetes and Loculoascomyces / Yu.I. Holubtsova // Ukr. Botan. O., 2008. Vol. 65, № 5. P. 701-710.
- Holubtsova, U.I. The new findings relevant ascomycetes from Crimea / U.I. Holubtsova, I.H. Mykos, O.U. Akulov // Black-Sea Botan. J., 2010. Vol. 6, №1. P. 67-83.
- Mushrooms reserves and national parks Left Bank Ukraine / I.O. Dudka, V.P. Heluta, T.V. Andrianova [et al.] K.: Aristei, 2009. Vol. I. 306 p.
- Zhdanova, N.N. Species composition of micromycetes of contaminated by radionuclides soil / N.N. Zhdanova, A.I. Vasilevskaya, L.V. Artishkova, V.I. Havriluk // Mycology and Phytopathology, 1990. Vol. 32, Is. 4. P. 298-308.
- Korolyova, O.V. A new species of ascomycete *Sporormiella tomlinii* Korolyova / O.V. Korolyova // Mycology and Phytopathology., 2000. 34, Is. 5. P. 11-13.
- Achmed, S.I. Revision of the genera *Sporormia* and *Sporormiella* / S.I. Achmed, R.F. Cain // Can. J. Bot., 1972. Vol. 50, №3. P. 419-477.
- Arenal, F. Variability of spore length in some species of the genus *Sporormiella* / F. Arenal, G. Platas, F. Pelaez // Mycotaxon, 2004. 89. P. 137-151.
- Arenal, F. *Preussia africana* and *Preussia pseudominima*, two new *Preussia* species based on morphological and molecular evidence / F. Arenal, G. Platas, F. Pelaez // Fungal Diversity, 2005. Vol. 20. P. 1-15.
- Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods / Ed. Miller G.M., Bills G.F., Foster M.S. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. 777 p.
- Barr, M.E. Notes on coprophilous bitunicate ascomycetes / M.E. Barr // Mycotaxon, 2000. 74. P. 105-112.
- Bell, A.E. *Dung Fungi. an Illustrated Guide to Coprophilous Fungi in New Zealand* / A.E. Bell. Wellington: Victoria University, 1983. 88 p.
- Breton, A. Deux especes remarquables inedites de champignons coprophiles appartenant au genre *Sporormia* De Not. (sensu lato) Bull. / A. Breton, L. Faurel // Tri. Soc. Mycol. Fr., 1964. Vol. 80. P. 247-258.
- Both, T. Taxonomic notes on coprophilous fungi of the Arctic: Churchill, Resolute Bay and Devon Island / T. Both // Can. J. Bot., 1981. 60, №7. P. 115-123.
- Ellis, J.B. *The North American Pyrenomycetes* / J.B. Ellis, B.M. Everhart. New Jersey: Newfield, 1892. 793 p.
- Glocking, S.L. Video microscopy of spore development in *Haptoglossa heteromorpha*, a new species from cow dung / S.L. Glocking, G.W. Beaker // Mycologia, 2000. Vol. 92, №4. P. 747-753.
- Lundqvist, N. *Podospora austroheisphaerica*, a new heterothallic ascomycete from dung / N. Lundqvist, D.P. Mahoney, A. Bell, L.E. Lorenzo // Mycologia, 1999. Vol. 91, №2. P. 405-415.
- Peláez, F. Endophytic fungi from plants living on gypsum soils as a source of secondary metabolites with antimicrobial activity / F. Peláez, J. Collado, F. Arenal, A. Basilio, A. Cabello, M.T. Díez Matas, J.B. García // Mycol. Res., 1998. 102. P. 755-761.
- Richardson, M.J. Diversity and occurrence of coprophilous fungi / M.J. Richardson // Mycol. Res., 2001. 105, №4. P. 387-402.
- Sun, J.-Q. Endophytic fungi IV. Two new records of the genus *Sporormiella* in China / Sun Jian-Qiu, Guo Liang-Dong, Zang Wei, Li Wen-Chao, Chi De-Fu // Mycosystema, 2006. 25(4). P. 688-690.
- Treigienė, A. koprofiliniai pirenomicetai ir lokuloaskomicetai Lietuvoje. *Sporormiella* ir *Preussia gentyis* / A. Treigienė // Botanica Lithuanica, 2004. Suppl. 6. P. 77-88.
- Index Fungorum // CABI Bioscience databases. 2015. <http://www.indexfungorum.org>

## Biochemické markery lipidového profilu u mužov a žien s kardiovaskulárnymi ochoreniami v okrese Bardejov (východné Slovensko)

Marta Mydlárová Blaščáková<sup>1\*</sup>, Ľudmila Blaščáková<sup>2</sup>, Melinda Nagy<sup>3</sup>, Jozef Mydlár<sup>4</sup>, Janka Poráčová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Prešovská univerzita v Prešove, Fakulta humanitných a prírodných vied, Katedra biológie, ul. 17. Novembra č. 1, 081 16 Prešov, Slovensko

\*Corresponding author. E mail: martablascakova@gmail.com

<sup>2</sup> Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Prírodovedecká fakulta, Katedra biofyziky, Jesenná 5, 041 54 Košice, Slovensko

<sup>3</sup> Univerzita J. Selyeho v Komárne, Pedagogická fakulta, Katedra biológie, Bratislavská cesta 3322, 94501 Komárno, Slovensko

<sup>4</sup> Prešovská univerzita v Prešove, Fakulta humanitných a prírodných vied, Katedra geografie a aplikovanej geoinformatiky, ul. 17. Novembra č. 1, 081 16 Prešov, Slovensko

Paper received 15.11.15; Revised 20.11.15; Accepted for publication 30.11.15.

**Abstrakt.** Srdcovocievne ochorenia sú založené na multifaktoriálnom podklade. Z hľadiska mortality, morbidity aj finančných nákladov patria kardiovaskulárne ochorenia k závažným ochoreniam súčasnej doby. Postihujú obidve pohlavia, svojimi následkami výrazne zhoršujú kvalitu života jedinca. V našej štúdií – 100 jedincov (50 mužov a 50 žien) sme merali antropometrické parameter, krvný tlak a stanovovali sme hladiny lipidového profilu (CHOL, HDL, LDL, TAG, ApoA, ApoB). Prostredníctvom Studentovho T-testu sme zistili štatisticky významný rozdiel medzi skupinou mužov a žien v antropometrických parametroch: telesná výška ( $p < 0,01$ ), BMI ( $p < 0,05$ ), obvod pásu ( $p < 0,05$ ), obvod bokov ( $p < 0,001$ ) a biochemických parametroch: HDL ( $p < 0,01$ ), ApoA ( $p < 0,01$ ).

**KLúčové slová:** srdce, analýza, jedinec, faktory, markery

### Úvod

Srdcovocievne ochorenia patria v súčasnej dobe medzi najčastejšiu príčinu úmrtí nielen na Slovensku, ale i celosvetovo. Ročne umiera na následky týchto ochorení najviac jedincov. Na základe údajov zo Štatistického úradu SR v roku 2010 najčastejšou príčinou smrti týchto ochorení bola ischemická choroba srdca, akútny infarkt myokardu, mozgový infarkt, srdcové zlyhanie, cievna mozgová príhoda, ateroskleróza, mozgové krvácanie, hypertenzná choroba srdca a pľúcna embólia [1].

Z hľadiska mortality, morbidity aj finančných nákladov patria kardiovaskulárne ochorenia k závažným ochoreniam súčasnej doby. Postihujú obidve pohlavia, svojimi následkami výrazne zhoršujú kvalitu života jedinca [2].

Srdcovocievne ochorenia sú založené na multifaktoriálnom podklade. Na ich vzniku sa podieľajú viaceré rizikové faktory a mechanizmy. Poznanie podmienenosti týchto ochorení od nukleotidu až po samotné fenotypové prejavy môže výrazným spôsobom prispieť k rozvoju poznatkov v tejto oblasti, a tým prispieť k účinnejšej prevencii a liečbe kardiovaskulárných ochorení [3].

Medzi rizikové faktory srdcovocievnych ochorení patrí fajčenie, hyperlipidémia – zvýšené hodnoty celkového cholesterolu, zvýšené hodnoty LDL a TAG, znížené hodnoty HDL cholesterolu, hypertenzia, *diabetes mellitus*, obezita [4]. K neovplyvniteľným rizikovým faktorom srdcovocievnych ochorení patrí vek [5], pohlavie – známy je ochranný účinok estrogénov na vývoji srdcovocievnych ochorení [6], rodinná anamnéza – výskyt srdcovocievnych ochorení u pokrvne príbuzných [7]. Pri štúdiu závažnosti jednotlivých rizikových faktorov boli identifikované faktory, ktorých súčasná prítomnosť zvlášť ohrozuje nositeľov rýchlym rozvojom koronárnej arterosklerózy a vznikol pojem metabolický syndróm. Jeho definícia nie je celosvetovo jednotná, na štúdiu rizikivosti jednotlivých zložiek sa stále pracuje. Za nositeľa metabolického syndrómu je považovaný každý, u koho sa súčasne vyskytujú najmenej tri z nasledujúcich faktorov: glykémia na lačno  $\geq 6,1$  mmol/l, triacylglycerolémia  $\geq 1,7$  mmol/l, HDL

cholesterol  $< 1,0$  mmol/l, abdominálna obezita (u žien  $> 80$  cm, u mužov  $> 94$  cm), tlak krvi  $\geq 135/85$  mmHG [7].

Lipidy tvoria asi 40 % denného energetického príjmu. Ide o heterogénnu skupinu prirodzene sa vyskytujúcich látok, pre ktoré je charakteristická rozpustnosť v organických rozpúšťadlách. Tukey majú energetickú hodnotu viac ako dvojnásobnú v porovnaní so sacharidmi a sú teda omnoho koncentrovanejšou formou energie. Energetický prebytok sa ukladá vo forme triacylglycerolov do tukového tkaniva [8].

Pre organizmus majú najväčší význam tieto lipidické látky: cholesterol – voľný a esterifikovaný (CHOL), triacylglyceroly – estery glycerolu a vyšších mastných kyselín (TAG) a fosfolipidy (PL). Ich spoločnou vlastnosťou je nerozpustnosť v polárnych rozpúšťadlách (voda), takže v krvnom riečisku sa môžu nachádzať len vo väzbe so špecifickými proteínmi, apolipoproteínmi za vzniku hydrofilného komplexu [9].

Súbor biochemických testov, ktoré sú ukazovateľom rizika vzniku infarktu myokardu, mozgovej mŕtvice a aterosklerózy slúži k stanoveniu rizika kardiovaskulárných ochorení. Lipidový profil pozostáva z vyšetrenia hladiny celkového cholesterolu (CHOL), HDL, LDL a triacylglycerolov [10].

Lipidy ako hydrofóbne látky sú vo vodnom prostredí len veľmi málo rozpustné. Podľa hustoty lipoproteínových častíc sa delia do štyroch skupín, ktoré sú fyziologicky dôležité a významné pre klinickú diagnózu:

- chylomikróny, ktorých hlavnou lipidovou zložkou sú triacylglyceroly,
- lipoproteíny s veľmi nízkou hustotou (VLDL),
- lipoproteíny s nízkou hustotou (LDL), ktorých hlavnou bielkovinovou zložkou je alipoprotein B.
- lipoproteíny s vysokou hustotou (HDL), ktorých hlavnou lipidovou zložkou sú fosfolipidy. Najviac zastúpeným fosfolipidom je alipoprotein A-I (ApoA-1) [11].

Cieľom našej práce bolo zmerať a štatisticky vyhodnotiť vybrané antropometrické parametre a koncentrácie biochemických markerov lipidového profilu (CHOL, HDL, LDL, TAG, ApoA a ApoB) u mužov a žien z okresu Bardejov, ktoré sú asociované s kardiovaskulárnymi ochoreniami.

## Materiál a metódy

Výskumný súbor tvorilo 100 jedincov (50 mužov a 50 žien) z okresu Bardejov. Každý jedinec absolvoval danú vedeckú štúdiu dobrovoľne a poskytol písomný informovaný súhlas o použití údajov a vzorku venóznej krvi, pričom vzorka bola anonymná a použitá iba na vedecko-výskumné účely. Vzorka venóznej krvi sa odoberala z *vena mediana cubity* do skúmaviek s obsahom antikoagulačného činidla. Z krvných vzoriek sa centrifugáciou (Selecta R, Centronic BL II, Španielsko) separovalo krvné sérum, v ktorom bola stanovená koncentrácia biochemických markerov lipidového profilu – CHOL, HDL, LDL, TAG, ApoA a ApoB prostredníctvom plnoautomatizovaného biochemického analyzátoru Cobas Integra 400 (Švajčiarsko).

Jedincom sa merala telesná hmotnosť na digitálnej osobnej váhe DM – 117 Dimarson, telesná výška sa zisťovala prostredníctvom digitálneho výškomera (Soehnle), a to v ľahkom odevu naboso ako priemer dvoch po sebe nasledujúcich meraní. Následne sme z údajov telesnej hmotnosti a telesnej výšky vypočítali *body mass index* – BMI podľa tohto vzorca:  $BMI = m/h^2$ , kde *m* je hmotnosť v kg a *h* je telesná výška v metroch. Ďalej sme jedincom merali obvod pásu (periumbilikálne) a obvod bokov (peritrochantericky), pričom sme použili textilnú pásovú mieru. Tlak krvi bol meraný prostredníctvom tlakomera OMRON M1 Plus. Namerané údaje sa spracovali programom Excel 2010 a Statistica ver. 10. Jednotlivé parametre sme vyhodnocovali pomocou štatistických charakteristík polohy (priemer) a variability (smerodajná odchýlka). Na zistenie významnosti rozdielov medzi skupinami v jednotlivých parametroch sme použili parametrickú metódu Studentov T-test. Pre zistenie štatisticky významnej závislosti medzi dvoma parametrami sme použili Spearmanov korelačný koeficient.

## Výsledky a diskusia

Z antropometrických parametrov sme zisťovali biologický vek, merali obvod pásu a bokov, telesnú hmotnosť a telesnú výšku. Na základe zistených parametrov sme vypočítali BMI index. V tabuľke 1 uvádzame priemerné hodnoty vybraných parametrov v oboch skupinách jedincov (muži a ženy).

Index telesnej hmotnosti (Queteletov index) je jedným z najpoužívanejších ukazovateľov pri meraní obezity. Jednoduchým výpočtom možno zistiť, do akej kategórie daný jedinec patrí a akému vysokému zdravotnému riziku sa v súvislosti so svojou telesnou hmotnosťou vystavuje [12].

**Tab.1:** Priemerné hodnoty vybraných parametrov v sledovaných skupinách jedincov

Parameter	Priemerná hodnota ± SD	
	Muži (n = 50)	Ženy (n = 105)
Biologický vek (roky)	57,58±9,49	60,52±7,20
Telesná výška (m)	1,74±0,06	1,64±0,07
Telesná hmotnosť (kg)	82,26±9,55	78,30±11,53
BMI (m/h <sup>2</sup> )	27,07±2,90	29,38±4,81
Obvod pásu (cm)	100,64±11,26	106,50±14,92
Obvod bokov (cm)	104,20±10,24	113,40±13,29
Systolický tlak krvi (mmHg)	137,24±13,41	137,82±18,17
Diastolický tlak krvi (mmHg)	82,26±10,87	82,26±10,18

V našom súbore žien sme vypočítali priemernú hodnotu BMI indexu ( $29,38 \pm 4,81 \text{ m/h}^2$ ), čo spadá do kategórie nadváhy. Priemerná hodnota BMI indexu u mužov bola ( $27,07 \pm 2,90 \text{ m/h}^2$ ), čo je klasifikované ako mierna nadváha.

Abdominálnou obezitou na Slovensku sa zaoberala štúdia IDEA, do ktorej bolo zapojených 1624 mužov a 2461 žien. Abdominálna obezita bola prítomná u 1892 pacientov, s vyššou prevalenciou u žien (56,1%) v porovnaní s mužmi (31,5%). Obvod pásu narastal s vekom, vo veku 70 rokov bol obvod pásu takmer rovnaký u oboch pohlaví. U žien bola abdominálna obezita takmer dvakrát častejšie v porovnaní s mužmi. IDEA program identifikoval, že takmer každý druhý obyvateľ Slovenska je nositeľom zvýšeného intraabdominálneho tuku [13]. Abdominálna obezita je oveľa lepším prediktorom srdcového infarktu ako telesná hmotnosť alebo BMI. Intraabdominálna adipozita alebo akumulácia tukového tkaniva v brušnej dutine je spojená s ďalšími kardiometabolickými rizikovými faktormi, ako napríklad so zvýšenými hodnotami triacylglycerolov a zvýšeným krvným cukrom [10].

Na základe Studentovho-T-testu sme zistili signifikantne významné rozdiely medzi skupinou mužov a žien v antropometrických parametroch: telesná výška ( $p < 0,01$ ), BMI ( $p < 0,05$ ), obvod pásu ( $p < 0,05$ ), obvod bokov ( $p < 0,001$ ).

Priemerný systolický tlak žien bol  $137,82 \pm 18,17 \text{ mmHg}$ , čo je definované ako normálny krvný tlak. Priemerný systolický tlak u mužov bol  $137,24 \pm 13,41 \text{ mmHg}$ , čo je taktiež definované ako normálny tlak krvi. Ženy a muži mali v priemere rovnaký diastolický tlak krvi.

Prevalencia hlavných rizikových faktorov kardiovaskulárnych ochorení bola sledovaná v slovenskej populácii vo vzorke ( $n=16\ 748$ ) dospelých jedincov z celého územia SR v rokoch 1999-2004. Priemerná hodnota krvného tlaku v celom súbore bola  $134/82 \text{ mmHg}$ . Priemerný tlak krvi bol u mužov  $136/85 \text{ mmHg}$  a u žien  $130/81 \text{ mmHg}$ .

Systolický tlak krvi stúpa rovnomerne s vekom u mužov i žien, pričom vo všetkých vekových skupinách sú priemerné hodnoty systolického tlaku nižšie u žien. Hodnoty diastolického tlaku krvi stúpajú takmer paralelne u mužov a žien 55-64 rokov, potom u oboch pohlaví priemerné hodnoty klesajú, ale u žien menej výrazne, takže v najvyššej vekovej skupine sú priemerné hodnoty diastolického tlaku mužov a žien takmer rovnaké [14].

Z biochemických markerov sme v našej práci venovali pozornosť lipidovému profilu – CHOL, TAG, LDL, HDL, ApoA, ApoB. V tabuľke 2 sú uvedené priemerné hodnoty jednotlivých biochemických markerov.

**Tab.2:** Priemerné hodnoty lipidového profilu v sledovaných skupinách jedincov

Parameter	Priemerná hodnota ± SD	
	Muži (n = 50)	Ženy (n = 105)
TAG (mmol/l)	1,97±0,88	1,80±0,75
CHOL (mmol/l)	5,64±1,50	5,48±1,19
LDL (mmol/l)	3,11±0,96	3,10±0,91
HDL (mmol/l)	1,29±0,43	1,56±0,43
ApoA (g/l)	1,46±0,35	1,63±0,26
ApoB (g/l)	1,04±0,30	1,00±0,25

Legenda: TAG – triacylglyceroly, CHOL – celkový cholesterol, LDL – Low-density lipoprotein, HDL – High-density lipoprotein

Priemerná hodnota koncentrácie ApoA u žien bola  $1,63 \pm 0,26$  g/l, čo je nad hornou hranicou normálnych fyziologických hodnôt ( $1,1-1,6$  g/l) [15]. Priemerná hodnota apolipoproteínu B (ApoB) bola  $1,00 \pm 0,25$  g/l, čo je norma. Priemerné hodnoty koncentrácie apolipoproteínov u mužov boli taktiež v súlade s referenčnými hodnotami (ApoA –  $1,46 \pm 0,35$  g/l; ApoB –  $1,04 \pm 0,30$  g/l). Na základe Studentovho-T-testu sme zistili signifikantne významný rozdiel medzi skupinou mužov a žien v biochemickom parametri ApoA ( $p < 0,01$ ).

Vo Švédsku bola uskutočnená štúdia – AMOROS (Apolipoprotein – related Mortality Risk Study), ktorá mala overiť do akej miery môžu hodnoty ApoA a ApoB odhaliť riziko infarktu myokardu. Pacienti boli sledovaní počas 67 mesiacov. Výsledkom štúdie bolo zistenie, že hodnoty ApoB boli spoľahlivejším predikčným ukazovateľom rizika kardiovaskulárnych ochorení. Je to zrejme spôsobené tým, že ApoB je obsiahnutý vo väčšom počte aterogénnych častíc (LDL, VLDL, IDL). Na druhej strane ApoA má protektívny význam podobne ako HDL cholesterol [16].

Rác [17] vo svojej štúdií Apolipoprotein B100, do ktorej bolo zahrnutých 75 chorých (53 mužov a 22 žien) s poruchami lipidového metabolizmu zistili, že meranie koncentrácie apolipoproteínu B100 v klinickej praxi poskytuje informáciu, ktorá je oveľa bližšia skutočným pomerom lipidového metabolizmu, ako je koncentrácia cholesterolu, alebo LDL cholesterolu. Priemerné koncentrácie ApoB, ktoré namerali dosahovali u žien hodnotu  $1,50 \pm 0,18$  g/l a u mužov  $1,48 \pm 0,17$  g/l. Priemerný biologický vek celého štatistického súboru bol  $53,70 \pm 9,10$  rokov.

Nami nameraná priemerná koncentrácia ApoB u žien mala hodnotu  $1,00 \pm 0,25$  g/l a u mužov  $1,04 \pm 0,30$  g/l. Hodnoty apolipoproteínu B v našom výskumnom súbore (muži, ženy) sú v porovnaní so štúdiu Rác et al. (2009).

Všetky vypočítané priemerné koncentrácie lipidov (CHOL, LDL, HDL, TAG) boli v súlade s referenčnými hodnotami. Muži mali v priemere vyššie koncentrácie lipidov ako ženy, okrem HDL cholesterolu. Priemerná hodnota HDL cholesterolu bola vyššia u žien ako u mužov, čo je pozitívnym výsledkom pre ženy, kvôli kladným účinkom HDL cholesterolu v rámci kardiovaskulárnych ochorení. Treba však poznamenať, že ženy boli v priemere približne o tri roky staršie ako muži. Na základe Studentovho-T-testu sme zistili signifikantne významné rozdiely medzi skupinou mužov a žien v biochemickom parametri HDL ( $p < 0,01$ ).

Jurkovičová [14] vo svojej štúdií, do ktorej bolo zapojených 16 748 jedincov s priemerným biologickým vekom 47,3 rokov; 36,2% mužov bolo s priemerným biologickým vekom 46,9 rokov a 63,8% žien s priemerným biologickým vekom 47,6 rokov uvádza namerané koncentrácie celkového cholesterolu u mužov  $5,04 \pm 1,1$  mmol/l a u žien  $5,25 \pm 1,10$  mmol/l. Koncentrácia celkového cholesterolu v priemere dosiahla v našom prípade u žien hodnotu  $5,48 \pm 1,19$  a u mužov  $5,64 \pm 1,50$ . Namerané koncentrácie celkového cholesterolu sú v našom prípade vyššie u oboch pohlaví. Predpokladáme, že išlo o menší výskumný súbor jedincov.

Martinkovič [18] vo svojej štúdií, ktorú tvorilo 107 pacientov (75 mužov, 32 žien) s priemerným biologickým vekom  $65,30 \pm 1,00$  rokov namerali v priemere nasledovné koncentrácie lipidov: celkový cholesterol  $5,43 \pm 0,12$  mmol/l, triacylgly-

ceroly  $1,93 \pm 0,09$  mmol/l, LDL cholesterol  $3,47 \pm 0,09$  mmol/l a HDL cholesterol  $1,12 \pm 0,03$  mmol/l. Priemerné koncentrácie lipidov, ktoré sme namerali my v celom výskumnom súbore, boli nasledovné: cholesterol celkový  $5,56 \pm 1,35$  mmol/l, triacylglyceroly  $1,88 \pm 0,82$  mmol/l, LDL  $3,10 \pm 0,93$  mmol/l a HDL  $1,43 \pm 0,45$  mmol/l. V porovnaní s vyššie uvedeným autorom sme namerali vyššie hladiny u celkového a HDL cholesterolu. Naopak, nižšie hladiny sme namerali u triglycerolov a pri LDL cholesterolu. Naš súbor tvorili mladší jedinci s priemerným biologickým vekom  $59,05 \pm 8,51$  roka.

Nízka hladina HDL cholesterolu je spojená so zvýšeným rizikom kardiovaskulárnych ochorení, a preto sa HDL cholesterolu prisudzuje ochranný účinok pred aterosklerózou, načo už poukázala Framinghamská štúdia. Zvýšenie koncentrácie HDL o  $0,025$  mmol/l znižuje nezávisle riziko srdcovocievnych ochorení u mužov o 2% a u žien o 3%. Vo Framinghamskej štúdií 57% mužov, u ktorých sa vyvinulo srdcovocievne ochorenie, mali hodnotu HDL nižšiu ako  $1$  mmol/l a v štúdií CARE (Cholesterol an Recurrent Events) u 40% žien, ktoré dostali infarkt myokardu, sa zistili rovnako nízke koncentrácie HDL cholesterolu [1]. U žien sa nižšie hodnoty lipidov môžu interpretovať pôsobením estrogénov na metabolizmus lipidov. Estrogény priaznivo ovplyvňujú spektrum lipidov tým, že znižujú LDL a zvyšujú HDL cholesterol. Po menopauze môžeme pozorovať proaterogénnu zmenu spektra lipidov – zvyšovanie koncentrácie celkového cholesterolu, triglyceridov, LDL cholesterolu a znižovanie HDL cholesterolu. Tieto nepriaznivé zmeny čiastočne súvisia s vekom, ale nedostatok estrogénom je faktorom, ktorý tieto zmeny výrazne urýchľuje. Vyššie uvedené priaznivé vplyvy estrogénov na rozvoj aterosklerózy a vysoká incidencia ICHS a hypertenzie u žien po menopauze viedli k snahám využiť hormonálnu substitúciu na prevenciu kardiovaskulárnych ochorení. Štúdia HERS (Heart and Estrogen/Progestin Replacement Study) bola zameraná na sekundárnu prevenciu ICHS substitúciou estrogénu u postmenopauzálnych žien. Do štúdie bolo zapojených 2 763 žien s diagnostikovanou ischemickou chorobou srdca. Ukázalo sa, že hormonálna substitučná liečba nemá priaznivý vplyv na sekundárnu prevenciu koronárnych príhod (v prvých rokoch sa ich počet zvyšoval) [19].

V našom výskume sme prostredníctvom korelačnej analýzy v skupine mužov zistili vzájomnú asociáciu ApoA a ApoB, ApoA a CHOL, ApoA a HDL, ApoA a LDL na hladine významnosti ( $p < 0,05$ ). V skupine žien sme zistili vzájomnú asociáciu ApoA a HDL, ApoB a CHOL, ApoB a LDL, LDL a CHOL na hladine významnosti ( $p < 0,05$ ).

## Záver

V našej práci sme sa zaoberali vybranými biochemickými markermi lipidového profilu srdcovocievnych ochorení. Cieľom bolo zistiť, či medzi jednotlivými markermi, alebo medzi markermi a antropometrickými parametrami u mužov a žien sa vyskytujú nejaké asociácie. Štatisticky boli zistené viaceré významné asociácie. Avšak výsledky biochemických parametrov v našej štúdií nemožno interpretovať priamo, je potrebné sledovať metabolické procesy prebiehajúce v organizme, biologickú variabilitu podmienenú cirkádiannymi rytmiami, brať do úvahy sezónne vplyvy, výživu a genetickú predispozíciu.

Môžeme skonštatovať, že poruchy metabolizmu lipidov a lipoproteínov sú jedným z nadôležitejších rizikových faktorov srdcovocievnych ochorení. V súčasnosti existuje viacero experimentálnych a epidemiologických štúdií, ktoré dokazujú vzťah medzi ovplyvnením lipidového profilu a poklesom morbidity a mortality.

Je potrebné si uvedomiť, že najdôležitejšia je prevencia, ktorá by sa mala sústrediť na hlavné príčiny ochorení, akými

sú fajčenie, nesprávna výživa, nedostatočná telesná aktivita, konzumácia alkoholu, stress a iné. Eliminácia týchto kardiovaskulárnych rizík je preto dôležitou súčasťou liečby rizikových pacientov.

#### PodĎakovanie

Práca bola finančne podporená projektami ITMS 26110230100.

#### REFERENCES

1. Riečanský, I. Aterosklerotické choroby. Bratislava: Vydalo Vydavateľstvo zdravotníckej literatúry HERBA, spol. s r. o., 2009. 252 s.
2. Baráková, A. et al. Choroby obehovej sústavy – epidemiologická situácia v SR v rokoch 2000 – 2010: výskumná správa. Bratislava: Národné centrum zdravotníckych informácií. 2010.
3. Teren, A., Gavorník, P. Genetické faktory a riziko kardiovaskulárnych ochorení. In Vnitřní lékařství, 2007. 53(6)678-693.
4. Hradec, J., Spáčil, J. Kardiologie, Angiologie. Praha: Nakladatelství Galén, 2001. 357 s.
5. O'Rourke et al. Kardiologie – Hustův manuál pro praxi. Praha: Grada Publishing a. s., 2010. 767 s.
6. Gvozdják, J. et al. Interná medicína. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 1995. 631 s.
7. Kölbel, F. et al. Praktická kardiologie. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2011. 305 s.
8. Brechtlová, M. et al. Lekárska biochémia. Bratislava: Vydavateľstvo Univerzity Komenského, 2011. 168 s.
9. Varga, F. Klinická biochémia. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 1996. 376 s.
10. Kohútová, L. vybrané biochemické markery srdcových ochorení u mužov a žien v okrese Bardejov. 2013. 123 s.
11. Šajter, V. et al. Biofyzika, biochémia, rádiológia. Martin: Osveta, 2006. 272 s.
12. Mydlárová Blaščáková, M. et al. Vybrané hormóny a minerálne prvky asociované s osteoporózou u postmenopauzálnych žien z východného Slovenska. In Slov. Antropol, 2015. 18(2)35 – 39.
13. Dukát, A. et al. IDEA – prvé výsledky o prevalencii abdominálnej obezity na Slovensku. In Via practica, 2006. 3(12) 554- 558.
14. Jurkovičová, J. Stav zdravia dospeljej populácie – súbor dobrovoľníkov zo Slovenska. In Kardiovaskulárne ochorenia – najväčšia hrozba, 2009. s. 53 – 64.
15. Dzúrik, R. et al. Štandardná klinickobiochemická diagnostika. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 1996. 464 s.
16. Apolipoproteins.[online].[cit.2013-03-16]. Dostupné na internete: <<http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2801%2907098-2/fulltext>> www.thelancet.com).
17. Rác, Z. et al. Apoproteín B 100 – významný krok k presnejšej diagnostike rozvoja aterosklerózy a rizika manifestácie jej následkov. In Labor Aktuell, 2009. 3.
18. Martinkovič, M. et al. Využitie kombinovanej humorálnej a zobrazovacej detekcie nestabilného plaku pri sekundárnej prevencii. In: Cardiology Letters, 2007. 1(16) 9 – 14.
19. Števlík, J. Klimaktérium a kardiovaskulárny systém. In Via Practica, 2006. 3(6) 293- 297.

#### Biochemical markers of lipid profile in men and women with cardiovascular diseases in Bardejov district (Eastern Slovakia)

Marta Mydlarova Blascakova, Ludmila Blascakova, Melinda Nagy, Jozef Mydlar, Janka Poracová

**Abstract.** Cardiovascular diseases are based on multifactorial basement. In light of fatality, morbidity and also financial expenses the cardiovascular diseases belong to major affections of current time. Both sexes suffer from these diseases and their results markedly worsen the quality of life. In our study – 100 individuals (50 men and 50 women) we measured anthropometric parameters, we measured blood pressure and also we determined lipid profile levels (CHOL, HDL, LDL, TAG, ApoA, ApoB). Through Student T-test we we found a significantly important difference in groups of men and women in anthropometric parameters: body height ( $p<0,01$ ), BMI ( $p<0,05$ ), waist circumference ( $p<0,05$ ), hip circumference ( $p<0,001$ ), as well as in biochemical parameters: HDL ( $p<0,01$ ), ApoA ( $p<0,01$ ).

**Keywords:** heart, analysis, individual, factors, markers



## Спеціальна підготовленість та стан біоенергетики футболістів 14-15 років з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи

В.С. Лизогуб, В.О. Пустовалов, В.О. Супрунович, С.В. Гречуха

Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, м. Черкаси, Україна

Paper received 04.12.15; Revised 11.12.15; Accepted for publication 15.12.15.

**Анотація.** Представлені дані стосовно особливостей біоенергетичного метаболізму фізичної, технічної підготовленості та експертної оцінки ігрової діяльності футболістів 14-15 років в залежності від індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи. Встановлений зв'язок індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи з фізичною технічною підготовленістю, біоенергетичним метаболізмом та експертною оцінкою ігрової діяльності. Футболісти з високим рівнем ФРНП характеризувалися кращими показниками спеціальної підготовленості та експертної оцінки ігрової діяльності. Зв'язок індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи з спеціальною підготовленістю має прогностичну цінність і може бути використаний під час відбору перспективної молоді та оптимізації спортивного удосконалення футболістів.

**Ключові слова:** функціональна рухливість нервових процесів, біоенергетичний метаболізм, фізична, технічна підготовка, експертна оцінка ігрової діяльності

**Вступ.** Аналіз динаміки розвитку футболу в останні роки показав, що „футбол майбутнього” стане більш видовищним, швидко-силовим, зросте інтенсивність та напруження психоемоційної сфери, нервово-м'язового апарату і вегетативного забезпечення [2, 6]. Збільшиться кількість епізодів, в яких футболісти будуть приймати м'яч в умовах жорсткого опору суперників. Зменшиться час на прийняття рішення [4, 9]. Тому значний інтерес дослідники проявляють до пошуку високо генетично детермінованих маркерів, які є найбільш інформативними щодо управління та прогнозування спортивної діяльності [7]. Такі критерії повинні відрізнятися міцною і стійкою біологічною природою, і як показали наші дослідження на близнюках таким характеристикам відповідають високо генетично детерміновані індивідуально-типологічні властивості ВНД: функціональна рухливість, сила та зрівноваженість нервових процесів для яких коефіцієнт Хольцингера становить 0,53-0,73 [3, 5].

Припускаємо, що удосконалення спеціальної підготовленості футболістів 14-15 років буде знаходитися в залежності від високо генетично детермінованих індивідуальних типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До тепер знання про зв'язок функціональної рухливості основних нервових процесів (ФРНП) з особливостями занять різними видами спорту недостатні і не можуть задовольнити вимоги практики. Подальше вивчення цього питання дозволило б наблизитися до більш глибокого розуміння даної проблеми і використовувати в спортивній діяльності [3, 6].

Відомо, що в умовах ігрової діяльності футболістів, відбувається формування психофункціональної системи відповідальної за фізичну, технічну, спеціальну підготовленість, сприйняття, переробку інформації та прийняття рішень. Значна роль у цьому належить індивідуальним типологічним властивостям вищих відділів центральної системи [2, 7]. В той же час, поточний стан організму, який виникає в процесі психоемоційного та м'язового напруження у футболістів характеризується інтеграцією елементів різних систем

для забезпечення результату діяльності [5, 9].

Виходили з того, що високо генетично-детерміновані властивості центральної нервової системи можуть бути зв'язані з ефективністю ігрової діяльності, фізичною, технічною підготовкою футболістів та особливостями їх енергетичного метаболізму. Але, знання про такий зв'язок не достатні, що і зумовило необхідність проведення досліджень.

**Мета дослідження:** з'ясувати особливості фізичної, технічної підготовленості та біоенергетичного метаболізму футболістів 14-15 років з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи

**Матеріали і методи.** У дослідженнях брали участь футболісти віком 14-15 років, які займалися в СДЮСШ «Дніпро-80».

Дослідження та оцінку індивідуальних типологічних властивостей ВНД, функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП) здійснювали в режимі „зворотного зв'язку” з допомогою комп'ютерної системи „Діагност-1” [5]. Обстежуваному необхідно було максимально швидко диференціювати 120 збудливих і гальмівних подразників, які адресовані до лівої та правої руки. Оцінку ФРНП проводили по часу переробки інформації. Чим менше обстежуваний витрачав для переробки інформації час, тим вище був рівень ФРНП.

Біоенергетичний метаболізм (БМ), який характеризує ємність, ефективність (економічність) і потужність аеробної та анаеробної, креатин фосфатної (КФ) і гліколітичної (ГЛ) функціональних систем визначали за допомогою комп'ютерного пристрою і програмного забезпечення експрес-діагностики функціонального стану і резервних можливостей організму „D&K-Тест” [1].

Фізичну підготовленість визначали за показниками тестових завдань на прояв спритності, швидкісних і швидко-силових здібностей та витривалості [4]. Рівень технічної підготовленості футболістів оцінювали за допомогою контрольних вправ: жонгливання, ведення м'яча і удари по воротам на влучність [8]. Експертну оцінку ігрової діяльності футболістів проводила група досвідчених тренерів.

**Результати дослідження та їх аналіз.** У результаті досліджень виявили, що показники БМ футболістів мають достовірний зв'язок з ФРНП ( $r=0,46-0,60$ ). Встановлено кореляції між експертними оцінками ігрової діяльності і характеристиками БМ футболістів в межах 0,27-0,38. Новим у роботі є встановлена достовірна кореляція експертної оцінки ігрової діяльності з ФРНП та БМ. Так, зв'язок між експертними оцінками ігрової діяльності і індивідуально-типологічними властивостями центральної нервової системи був в межах 0,45 для ФРНП. Крім того, ФРНП достовірно корелювала з аеробною та анаеробною метаболічною ефективністю,

потужністю КФ та ГЛ механізмів енергозабезпечення футболістів (0,45 – 0,28).

Для перевірки виявлених зв'язків ми за результатами дослідження ФРНП футболістів 14-15 років провели розподіл на групи: середній – (С) та нижче (НС) і вище за середній – (ВС). У відповідних групах юних спортсменів вивчали і аналізували показники БМ та фізичної і технічної підготовленості, а також проводили експертну оцінку ігрової діяльності.

В таблиці 1 представлені показники біоенергетичного метаболізму юних футболістів з різним рівнем ФРНП.

**Таблиця 1.** Показники біоенергетичного метаболізму футболістів 14-15 років з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей

Досліджувані показники	КФ у.о.	ГЛ у.о.	МСК у.о.	ПАНО у.о.
Групи за ФРНП				
ВС	41,0±5,2	38,7±3,3 *	74,0±4,5 *	71,2±3,2 *
С	39,2±4,8	35,2±3,2	67,7±4,3	66,1±2,9
НС	38,0±5,6	30,9±3,8	60,5±4,4	61,5±4,1

*Примітка:* \* – достовірність різниць між досліджуваними показниками у групах ВС та НС і С ФРНП на рівні  $p<0,05$ .

Як видно з представлених даних, показники БМ футболістів з різним рівнем ФРНП дещо відрізнялися. Кращими показниками БМ були у спортсменів з високими значеннями ФРНП. Так, показник КФ забезпечення – 41,0±5,2 у.о., ГЛ енергозабезпечення – 38,7±3,3 у.о., а показник МСК – 74,0±4,5 у.о. та величина ПАНО – 71,2±3,2 у.о. Футболісти з середнім і нижче за середній рівнем прояву індивідуально-типологічних властивостей мали дещо нижчі показники біоенергетичного метаболізму, ніж обстежувані з

рівнем – вище середнього. При цьому, за показниками ГЛ, МСК, ПАНО між групами футболістів з рівнем прояву ФРНП – ВС і НС встановлені достовірні відмінності ( $p<0,05$ ).

Крім того, індивідуально-типологічні властивості найбільше впливають на прояв швидкісних та швидко-силових здібностей юних футболістів ( $r=0,46-0,66$ ). В таблиці 2 представлені результати футболістів з різним рівнем ФРНП під час виконання контрольних завдань з фізичної підготовки.

**Таблиця 2.** Показники фізичної підготовки футболістів 14-15 років з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей

Досліджувані показники	Біг 20 м з ходу, (с)	Човник. біг 6х30 м (с)	Стрибок у довжину з місця, (см)	Вкидання м'яча, (м)	Тест Купера, (м)
Групи за ФРНП					
ВС	2,37±0,13 *	37,1±1,12	240,0±9,3 *	19,5±1,9	1221,8±69,6
С	2,56±0,21	38,9±1,06	223,2±7,5	18,1±1,6	1147,0±77,4
НС	2,74±0,18	38,1±1,25	220,8±11,4	17,7±1,8	1099,5±68,2

*Примітка:* \* – достовірність різниць між досліджуваними показниками у групах ВС та НС і С ФРНП на рівні  $p<0,05$

З представлених результатів бачимо, що кращими результатами в тестових завданнях з фізичної підготовки характеризувалися футболісти з рівнем ФРНП – вище середнього. Так, вони демонстрували наступні результати: під час бігу 20 м з ходу – 2,37±0,13 с. У завданні човниковий біг 6х30 м – 37,1±1,12 с, та під час стрибків у довжину з місця – 240,0±9,3 см. У завданні вкидання м'яча на дальність – 19,5±1,9 м, і тест Купера вони виконували з результатом – 1221,8±69,6 м., що було краще ніж у групах обстежуваних з середнім та нижче середнього рівнем ФРНП. Необхідно

зазначити, що за результатами у бігу 20 м з ходу, стрибок у довжину з місця, вкидання м'яча на дальність між групами футболістів з рівнем прояву ФРНП – ВС і НС встановлені достовірні відмінності ( $p<0,05$ ). Отже, високий рівень ФРНП, забезпечує високий рівень фізичної підготовленості футболістів 14-15 років

Кореляційний аналіз вказує на те, що зв'язки між ФРНП і показниками технічної підготовленості футболістів виявилися на рівні  $r=0,44-0,67$ .

Середні значення технічної підготовленості футболістів з різним рівнем ФРНП представлені в таблиці 3.

**Таблиця 3.** Показники технічної підготовленості футболістів 14-15 років з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей

Досліджувані показники	Ведення м'яча 20 м, (с)	Жонглювання м'яча, (с)	Удари по воротах на точність, (влучання)
Групи за ФРНП			
ВС	4,8±0,3	296,5±28,7*	5,7±0,7
С	4,9±0,4	249,5±26,5	5,7±0,6
НС	5,1±0,4	189,2±33,4	5,5±0,8

*Примітка:* \* – достовірність різниць між досліджуваними показниками у групах ВС та НС і С ФРНП на рівні  $p<0,05$

Як і під час виконання завдань з фізичної підготовки, кращими результатами у більшості тестових вправ з технічної підготовки були у спортсменів з високим рівнем ФРНП. Так, ведення м'яча 20 м вони виконували за  $-4,8 \pm 0,3$  с, а у вправі пов'язаної із жонгливанням м'яча, їх показник становив  $-296,5 \pm 28,7$  с. Однакові результати виявилися в групах футболістів з С і ВС рівнем ФРНП під час виконання ударів по воротам на влучність  $-5,7 \pm 0,7$  і  $5,7 \pm 0,6$  влучань відповідно. Підлітки з НС рівнем ФРНП демонстрували гірші резуль-

тати з технічної підготовки. Між групами футболістів з різною градацією ФРНП достовірні відмінності результатів виявлені під час виконання завдання пов'язаного з жонгливанням м'яча ( $p < 0,05$ ).

Нами був проведений аналіз експертних оцінок ігрової діяльності обстежуваних юних футболістів у групах з різним рівнем ФРНП. Оцінювання ігрової діяльності здійснювалося групою незалежних експертів та тренерів упродовж офіційних ігор, за 10 бальною системою (табл. 4).

**Таблиця 4.** Експертна оцінка ігрової діяльності футболістів 14-15 років з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей

Групи за ФРНП	Оцінка, (бали)
ВС	$5,3 \pm 1,5$
С	$4,8 \pm 1,4$
НС	$4,1 \pm 1,6$

Як видно з представлених у таблиці результатів вищим середнім балом ігрової діяльності характеризувалися футболісти з високим рівнем ФРНП. Їх показник становив  $-5,3 \pm 1,5$  бали. Відповідно, юні спортсмени з середнім і нижче середнього рівня ФРНП отримали дещо нижчі оцінки  $-4,8 \pm 1,4$  та  $4,1 \pm 1,6$  балів.

Щодо оцінки ігрової діяльності футболістів експертами встановлено, що вона знаходиться у найбільшій залежності від загальної витривалості ( $r=0,48$ ), ФРНП ( $r=-0,45$ ) і жонгливання м'ячем ( $r=0,46$ ). Найбільш тісний зв'язок експертної оцінки ігрової діяльності виявили з показниками фізичної підготовленості футболістів: човниковий біг, стрибок у довжину з місця, кидання набивного м'яча на дальність, тест Купера та жонгливання  $-0,29-0,48$ .

Таким чином встановили, що у футболістів 14-15 років показники біоенергетичного метаболізму, фізичної та технічної підготовленості і експертної оцінки ігрової діяльності знаходилися в залежності від ФРНП. Результати більшості показників БМ, контрольних вправ фізичної та технічної підготовленості, а також експертні оцінки ігрової діяльності були вищі у футболістів з високим рівнем ФРНП, що вказує на залежність спеціальної підготовленості від типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи.

Наявність зв'язку між індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи з характеристиками біоенергетичного метаболізму, фізичної, технічної підготовленості і експертної оцінки ігрової діяльності лягли в основу сформульованої нами уяви про динамічну багатоконтурну нейродинамічну систему з багаторівневою ієрархічною організацією механізмів регуляції метаболічних, вегетативних та рухових властивостей [5]. З ре-

зультатів нашого дослідження можна зробити узагальнення, що типологічні властивості основних нервових процесів (ФРНП) проявляють генетичний вплив на виконання рухових тестів фізичної та технічної підготовленості футболістів, біоенергетичний потенціал футболістів та створюють умови для ефективної ігрової діяльності. З урахуванням наших даних і теоретичного аналізу наукових джерел [3, 5, 6] існують підстави висунути припущення про те, що у футболісти з високим рівнем ФРНП мають вищі резервні можливості організму, що забезпечує їм досягнення високих результатів у спеціальній підготовленості та ігровій діяльності у порівнянні з представниками з низькими властивостями.

### Висновки

1. У футболістів 14-15 років показники біоенергетичного метаболізму, фізичної та технічної підготовленості, а також експертної оцінки ігрової діяльності знаходилися в залежності від індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи.

2. Футболісти з рівнем прояву індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної системи – вище середнього характеризувалися кращими характеристиками біоенергетичного метаболізму, фізичної, технічної підготовленості та оцінками ігрової діяльності.

3. Виявлений зв'язок індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи, фізичної, технічної підготовленості, біоенергетичного метаболізму та експертної оцінки ігрової діяльності має прогностичну цінність і може використовуватися під час відбору перспективної молоді та оптимізації спортивного удосконалення футболістів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Инструкция по использованию компьютерной программы оценки функциональных и резервных возможностей организма D&K-test (Душанин С.А., Карленко В.Н.). Авторское свидетельство на изобр. № 2002108583 от 29.10.2002, зарег. в Государственном Департаменте интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины. – К., 2003. – 4 с.
2. Костюкевич В.М. Теоретичні та методичні основи моделювання тренувального процесу спортсменів ігрових видів спорту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. наук з фіз. вих. і спорту : спец. 24.00.01 – „Олімпійський і професійний спорт” / В.М. Костюкевич. – Київ, 2012. – 44 с.
3. Лизогуб В.С. Зв'язок спеціальної підготовленості та стану біоенергетики футболістів 13-14 років з типологічними властивостями центральної системи / В.С. Лизогуб, В.О. Пустовалов, В.О. Супрунович, Ю.В. Коваль // Слобожанський науково-спортивний вісник., 2015. – № 1. – С.70-74.
4. Лисенчук Г.А. Футбол / Г. А. Лисенчук, В.В. Соломонко, О.В. Соломонко. – К.: Олімпійська література, 2007. – 288 с.

5. Макаренко М.В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини / М.В. Макаренко В.С. Лизогуб. – Черкаси: Вертикаль, 2011. – 255 с.
6. Максименко І.Г. Теоретико-методичні основи багаторічної підготовки юних спортсменів у ігрових видах спорту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. наук з фіз. вих. і спорту : спец. 24.00.01 – „Олімпійський і професійний спорт” / І.Г. Максименко. – Київ, 2011. – 43 с.
7. Осташов П.В. Прогнозирование способностей футболиста / П.В. Осташов. – Москва: Физкультура и спорт. – 1982. – 96 с.
8. Сучилин А.А. Система подготовки футбольного резерва / А.А. Сучилин. – Волгоград: Смена, 1981. – 64 с.
9. Шамардин В.Н. Система подготовки юных футболистов / В.Н. Шамардин. – Днепропетровск, 2001. – 104 с.

#### REFERENCES

1. Instructions for using the computer program evaluation and functional reserve capacity of the organism D&K-test (Dushanin S.A., Karlenko V.N.). An inventor's certificate number 2002108583 from 29.10.2002, registered in the State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine. – K., 2003. – 4 p.
2. Kostyukevich V.M. Theoretical and methodological foundations of modeling training process of athletes in playing sports: abstr. dis. Dr. Scd in Physical Education and Sport: spets. 24.00.01 – «Olympic and Professional Sports» / V.M. Kostyukevich. – Kyiv, 2012. – 44 p.
3. Lyzogub V.S. Interrelation between special preparedness and state of bioenergy of football players 13-14 years old with typological features of central system / V.S. Lyzogub, V.A. Pustovalov, V.A. Suprunovych, Y.V. Koval // Slobozhansky Scientific-Sports Herald., 2015, № 1, – P.70-74.
4. Lysenchuk H.A. Futboll / H.A. Lysenchuk, V.V. Solomonko, O.V. Solomonko. – [2-he vyd., vypr. y dopov.]– K.: Olympic literature, 2007. – 288 p.
5. Makarenko M.V. Ontogeny of physiological functions of human / M.V. Makarenko V.S. Lyzohub. – Cherkasy: Vertykal, 2011. – 255 p.
6. Maksymenko I.H. Theoretical and methodological foundations of long-term training of young athletes in playing sports: abstr. dis. Dr. Scd in Physical Education and Sport: spets. 24.00.01 – «Olympic and Professional Sports» / I.H. Maksymenko. – Kyiv, 2011. – 43 p.
7. Ostashov P.V. Prognostication abilities of football players / P.V. Ostashov. – Moskva: Fizkultura i sport. – 1982. – 96 p.
8. Suchilin A.A. System of training reserve in football / A.A. Suchilin. – Volgograd: Smena, 1981. – 64 p.
9. Shamardin V.N. System of training football young players / V.N. Shamardin. – Dnepropetrovsk, 2001. – 104 p.

#### **Special state preparedness and bioenergy of football players of 14-15 years with different levels individual-typological properties of central nervous system**

**V.S. Lyzogub, V.A. Pustovalov, V.A. Suprunovych, S.V. Hrechuha**

**Abstract.** The article considers the problem of the characteristics of bioenergetic metabolism, physical, technical training and expert rating of game activity of players 14-15 years depending on the individual-typological characteristics of higher central nervous system. Relations between individual-typological characteristics of higher central nervous system and physical, technical training, bioenergetic metabolism and expert rating of players were observed. Football players with high FANP characterized by better performance of bioenergy properties, physical, technical training and expert rating of play. Link individual typological characteristics of higher central nervous system, physical, technical training, bioenergetic metabolism and peer review of play has prognostic value and can be used during the selection and optimization of promising young players improving sports.

**Keywords:** *functional mobility of nervous processes, bioenergetic metabolism, physical, technical training, expert rating*

## Таксономічна структура урбанобріофлори Миколаєва та прилеглих територій

О.С. Комісар

Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського, м. Миколаїв, Україна  
E-mail: komisarelena@rambler.ru

Paper received 03.12.15; Revised 07.12.15; Accepted for publication 11.12.15.

**Анотація.** Проведений аналіз таксономічної структури урбанобріофлори міста Миколаєва та прилеглих територій (Україна). У складі бріофлори міста Миколаєва та прилеглих територій виявлено 58 видів мохоподібних та 1 форма, які належать до відділів Marchantiophyta та Bryophyta, 4 класів, 8 порядків, 18 родин та 29 родів. Бріофлористичне багатство м. Миколаєва можна охарактеризувати як досить бідне у порівнянні з містами інших регіонів України. Домінуючими родинами є Pottiaceae, Brachytheciaceae, Bryaceae та Orthotrichaceae які разом складають 64,8%. Найбільшою кількістю видів характеризується родина Pottiaceae, яка налічує 12 видів мохів, що займають 20,7% від загальної кількості видів території дослідження.

**Ключові слова:** мохоподібні, відділ, клас, порядок, родина, рід, вид, Миколаїв, Україна

**Вступ.** Миколаїв – місто обласного підпорядкування, адміністративний, промисловий та культурний центр Миколаївської області. Територія міста – це півострів при злитті річки Інгул з Південним Бугом, які утворюють Бузький лиман.

Територія м. Миколаєва в біологічному відношенні майже не вивчена. Враховуючи це, а також особливості міста: з одного боку воно розташоване на берегах великих річок – Південного Бугу та Інгулу, має значне ландшафтне, ценотичне та екологічне різноманіття, а з другого характеризується значним техногенним та селітебним навантаженням на довкілля.

Вивчення бріоурбанобріофлори Миколаєва дасть можливість зробити висновки щодо сучасного стану бріофлори міста, особливостей видів мохоподібних. Тому тема дисертаційного дослідження щодо вивчення мохоподібних та їх індикаторної ролі в умовах півдня України є безперечно актуальною.

Метою роботи є дослідження таксономічної структури бріоурбанобріофлори міста Миколаєва та прилеглих територій.

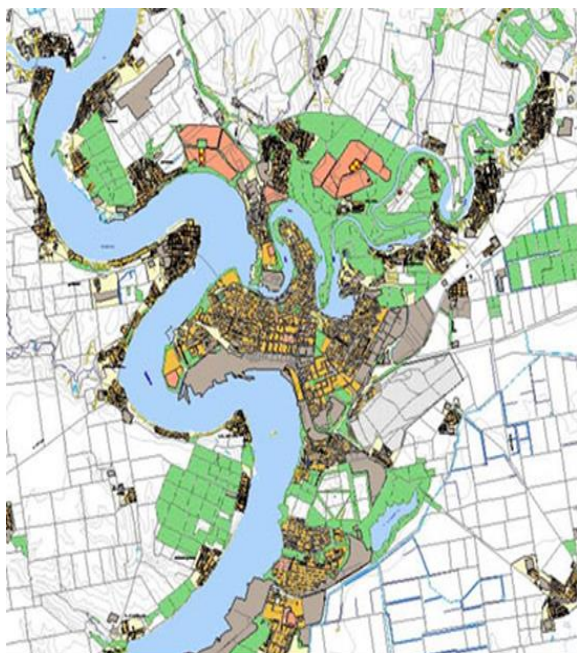


Рис. 1. Картографічна схема міста Миколаєва

**Матеріали та методи дослідження.** В основу роботи покладені флористичні матеріали, зібрані протягом 2008-2015 рр. Збір проводився в усіх зонах міста (селітебній, рекреаційній, промисловій та в зоні природних ландшафтів). Особливо детально досліджені території природо-заповідних об'єктів. Збір гербарних зразків проводився стандартним екскурсійним методом, проби закладені на найбільш типових субстратах, заселених мохами, і на стаціонарних ділянках. Для епігейних пробних ділянок розміри склали 0,5 x 0,5 м, для епіфітних та епілітних – 0,10 x 0,10 м. Камеральну обробку матеріалів проводили у лабораторії біорізноманіття та екології імені Й.К. Пачоського при кафедрі ботаніки ХДУ. Гербарні зразки визначали стандартним порівняльно-морфологічним методом за визначниками і флорами [7-10] та порівнювали зі зразками біологічного гербарію Херсонського державного університету (КНЕР).

Ідентифікацію мохоподібних та анатомо-морфологічні дослідження проводили за допомогою біокулярів МБС-1 та мікроскопу «Біолам Ломо Д 1» за загальноприйнятою методикою. Використовували окуляри зі збільшенням 15x та об'єктиви зі збільшенням 20x і 90x з апертурою 0,20 і 0,65, відповідно. Назви видів та їх таксономічне положення уточнені за „Чеклістом мохоподібних України” [6].

**Результати та їх обговорення.** В результаті наших досліджень у складі бріофлори міста Миколаєва та прилеглих територій виявлено 58 видів мохоподібних та 1 форма, які належать до 2 відділів (Marchantiophyta та Bryophyta), 4 класів (Marchantiopsida, Jungermaniopsida, Polytrichopsida, Bryopsida), 8 порядків (Marchantiales, Radulales, Polytrichales, Funariales, Grimmiales, Dicranales, Orthotrichales, Hupnales), 18 родин (Marchantiaceae, Radulaceae, Polytrichaceae, Funariaceae, Grimmiaceae, Ditrichaceae, Dicranaceae, Pottiaceae, Orthotrichaceae, Bryaceae, Melichhoferiaceae, Aulacomniaceae, Amblystegiaceae, Leskeaceae, Brachytheciaceae, Hupnaceae, Pylaisiadelphaceae, Anomodontaceae) та 29 родів (Marchantia, Radula, Polytrichum, Funaria, Grimmia, Ceratodon, Dicranum, Barbula, Didymodon, Phascum, Pseudocrossidium, Pterigoneurum, Syntrichia, Tortula, Orthotrichum, Bryum, Pohlia, Aulacomnium, Amblystegium, Leptidictyum, Leskea, Pseudoleskeella, Oxyrrhynchium, Brachythecium, Homalothecium, Hupnum, Pylaisia, Plati-girium, Anomodon, Schistidium).

Таблиця 1. Таксономічний склад бріофлори

Відділ	Клас	Порядок	Родина	Рід	Вид
Marchantiophyta	2	2	2	2	2
Bryophyta	2	6	16	28	56
Всього	4	8	18	30	58

Бріофлористичне багатство м. Миколаєва можна охарактеризувати як досить бідне у порівнянні з містами інших регіонів України. Найбільшу кількість видів мохів мають міста та його околиці Львів (147 видів) і Київ (136 видів). Другу сходинку посідають Житомир (75) та Вінниця (56). Міста та околиці міст степової зони мають не значну кількість видів мохів у порівнянні з містами лісової зони. Так, Одеса налічує 30 видів, Запоріжжя – 34, а Херсон лише 14 мохів [7-10].

Отже, територія дослідження знаходиться в степовій зоні, бріофлора якої є досить бідною у порівнянні з іншими територіями України.

Види відділів мохоподібних у місті Миколаєві та на прилеглих територіях розподілені нерівномірно (табл. 1.). Так, відділ Marchantiophyta нараховує 2 види і за таксономічною формулою (ТФ) співвідноситься як 2:2:2:2:2:2. Відділ Bryophyta налічує 56 видів і відповідно співвідноситься як 2:6:16:28:56, у даному відділі домінує клас Вуорсида, який представлений 53 видами, 27 родами, 15 родинами та 5 порядками.

Таблиця 2. Спектр родин бріофлори м. Миколаєва

№ п/п	Родина	Кількість видів	Частка від загальної кількості видів, %
1.	<i>Pottiaceae</i>	12	21,7
2.	<i>Brachytheciaceae</i>	9	15,5
3.	<i>Bryaceae</i>	9	15,5
4.	<i>Orthotrichaceae</i>	7	12,1
5.	<i>Polytrichaceae</i>	3	5,2
6.	<i>Amblystegiaceae</i>	3	5,2
7.	<i>Hypnaceae</i>	2	3,44
8.	<i>Lesceaceae</i>	2	3,44
9.	<i>Grimmiaceae</i>	2	3,44
10.	<i>Ditrichaceae</i>	1	1,72
11.	<i>Mielichhoferiaceae</i>	1	1,72
12.	<i>Aulacomniaceae</i>	1	1,72
13.	<i>Pylaisiadelphaceae</i>	1	1,72
14.	<i>Funariaceae</i>	1	1,72
15.	<i>Marchantiaceae</i>	1	1,72
16.	<i>Anomodontaceae</i>	1	1,72
17.	<i>Radulaceae</i>	1	1,72
18.	<i>Dicranaceae</i>	1	1,72
<b>Всього:</b>		<b>58</b>	<b>100</b>

Домінуючими родинами є Pottiaceae, Brachytheciaceae, Bryaceae та Orthotrichaceae які разом складають 64,8%. Найбільшою кількістю видів характеризується родина Pottiaceae (табл. 2.), яка налічує 12 видів мохів, що займають 20,7% від загальної кількості видів території дослідження. Друге місце за кількістю видів займають родини Brachytheciaceae (15,5%) та Bryaceae (15,5%). Але 12 родин представлені 1 або 2 видами. Наші дані відповідають таксономічним характеристикам мохоподібних степової зони України.[1-5].

На долю трьох провідних родів *Bryum*, *Brachythecium*, *Orthotrichum* (табл. 3.) припадає 22 видів, які складають 37,96% від загальної кількості досліджених видів. Друге місце займають роди *Tortula*, *Polytrichum*, *Syntrichia* разом вони налічують 9 видів мохів (15,6%). Серед цих родин такі види *Polytrichum commune*, *P.piliferum*, *P.perigoniale*, *Tortula muralis*, *T. truncate*, *T. subulata* та ін. Останні 25 родів мають в своєму складі по 1 або 2 види. Разом вони складають 46,44% це 29 видів мохоподібних.

Таблиця 3. Спектр родів бріофлори м. Миколаєва

№ п/п	Рід	Кількість видів	Частка від загальної кількості видів, %
1.	<i>Bryum</i>	9	15,5
2.	<i>Orthotrichum</i>	7	12,1
3.	<i>Brachythecium</i>	6	10,36
4.	<i>Tortula</i>	3	5,2
5.	<i>Polytrichum</i>	3	5,2
6.	<i>Syntrichia</i>	3	5,2
7.	<i>Pterigoneurum</i>	2	3,44
8.	<i>Homalothecium</i>	2	3,44
9.	<i>Amblystegium</i>	2	3,44
10.	<i>Marchantia</i>	1	1,72
11.	<i>Radula</i>	1	1,72
12.	<i>Grimmia</i>	1	1,72
13.	<i>Ceratodon</i>	1	1,72
14.	<i>Dicranum</i>	1	1,72
15.	<i>Barbula</i>	1	1,72
16.	<i>Didymodon</i>	1	1,72
17.	<i>Phascum</i>	1	1,72
18.	<i>Pseudocrossidium</i>	1	1,72
19.	<i>Pohlia</i>	1	1,72
20.	<i>Aulacomnium</i>	1	1,72
21.	<i>Funaria</i>	1	1,72
22.	<i>Leptodictium</i>	1	1,72
23.	<i>Leskea</i>	1	1,72
24.	<i>Pseudoleskeella</i>	1	1,72
25.	<i>Oxyrrhynchium</i>	1	1,72
26.	<i>Hypnum</i>	1	1,72
27.	<i>Pylaisia</i>	1	1,72
28.	<i>Platygium</i>	1	1,72
29.	<i>Anomodon</i>	1	1,72
30.	<i>Schistidium</i>	1	1,72
<b>Всього:</b>		<b>58</b>	<b>100</b>

На території дослідження виявлено 6 типів життєвих форм мохоподібних. Серед них домінуючими формами є плоский килим (27,6%) та рихла дернина (31%). (табл. 4)

Таблиця 4. Життєві форми мохів м. Миколаєва

№ п/п	Життєва форма	Кількість видів	Частка від загальної кількості видів, %
1	Рихла дернина	18	31
2	Плоский килим	16	27,6
3	Щільна дернина	11	19
4	Мала подушечка	8	13,8
5	Сланевий килим	2	3,44
6	Подушкоподібна дернина	2	3,44
7	Рихле плетиво	1	1,72
<b>Всього:</b>		<b>58</b>	<b>100</b>

Рихла дернина. До цієї життєвої форми належить 18 видів мохоподібних, що складає 31% від загальної кількості мохів території дослідження.

Дана група мохів характеризується домінуванням таких екоморф:

– за відношенням до вологості ксерофіти займають 33,3% (*Syntrichia ruralis*, *S. ruraliformis*, *Polytrichum piliferum*, *Pterigoneurum ovatum*, *Orthotrichum affine*), мезоксерофіти – 27,8%

– за відношенням до освітлення 61,1% геліофітів (*Funaria hugrometrica*, *Tortula truncate*, *Polytrichum perigoniale*, *P. piliferum*, *Pterigoneurum ovatum*, *Bryum subapiculatum* та ін.)

– за відношенням до хімізму субстрату 72,2% інцертотрофічних видів але зустрічаються ацидофіли 16,6% (*Polytrichum commune*, *P. perigoniale*, *Dicranum scoparium*),

1 кальцефіл та 1 індіферентний вид ( по 5,6%).

– за трофністю субстрату 38,9% олігомезотрофів (*Ceratodon purpureus*, *Polytrichum commune*, *P. perigoni-ale* тi ін.). *Funaria hygrometrica* зустрічається як евтроф, *Tortula truncata* як мезоевтроф вони займають по 5,6%.

До цієї життєвої форми плоский килим належить 16 видів мохоподібних, що складає 27,6% від загальної кількості мохів міста Николаєва. Серед видів з даною життєвою формою переважають мезоксерофіти 58,8% (*Anomodon viticulosus*, *Brachythecium campestre*, *Pseudoleskeella nervosa*, *Pylaisia palyantha*, *Platygium repens*, *Hypnum cupresiforme*, *Ceratodon purpureus*, *Leskea polycarpha*, *Homolothecium sericeum*). В невеликих кількостях зустрічаються 17,6% мезофітів (*Amblystegium serpens*, *Brachythecium salebrosum*, *B. velutinum*), 2 види мезогірофітів (*Brachythecium rutabulum*, *B. mildeanum*) та 1 вид з формою є гідрогірофітами (*Leptodictyum riparium*, *L. riparium longifolium*). За освітленням переважаючими видами з життєвою формою плоский килим є сциофіти (47%) та геліофіти (41,2%) та лише 2 види (11,8%) сонцелюбних геліофільних мохів (*Homolothecium sericeum*, *Brachythecium campestre*).

Мохоподібні з життєвою формою щільна дернина налічують 11 видів (19%). Серед цих видів переважаючими є мезоксерофіти 66,7%, геліофіти 66,7%, інцертофіли 66,7% а мезотрофи 55,6% та інцертофіли.

Група мохів з біоморфою мала подушечка (8 видів) займає 62,5% ксерофітів (*Schistidium apocarpum*, *Grimmia pulvinata*, *Orthotrichum speciosum*, *O. diaphanum*), по 50% геліофітів з геліосциофітами, інцертофілів 75% а оліготрофів 62,5% (*Grimmia pulvinata*, *Orthotrichum speciosum*, *O. diaphanum*, *O. pumilum*). Що відповідає умовам степової зони України.

Такі життєві форми, як подушкоподібна дернина та сланевий килим містять по 2 види (по 3,44%), а рихле плетиво 1 вид (1,72%) мохоподібних.

Отже, в місті Николаєві та прилеглих територіях домінуючими є мохоподібні з життєвими формами рихла дернина та плоский килим, що повністю відповідає степовій зоні України.

**Висновки.** Урбанобріофлора міста Николаєва та прилеглих територій налічує 58 видів мохоподібних та 1 форму, які належать до відділів Marchantiophyta та Bryophyta. Домінуючими родинами є Pottiaceae, Brachytheciaceae, Bryaceae та Orthotrichaceae які разом складають 64,8%. Найбільшою кількістю видів характеризується родина Pottiaceae, яка налічує 12 видів мохів, що займають 20,7% від загальної кількості видів території дослідження. Друге місце за кількістю видів займають родини Brachytheciaceae (15,5%) та Bryaceae (15,5%), що відповідає таксономічним характеристикам мохоподібних степової зони України.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко М.Ф. Мохоподібні степової зони України Монографія – Херсон: Айлант, 2010. – 264 с.
2. Бойко М.Ф. Матеріали до бріофлори Нижньобузьких пісків (Николаївська область, Україна) // Чорноморськ. ботан. журн. – 2009. – Т.5, № 1. – С. 23-27.
3. Бойко М.Ф. Аналіз бріофлори степової зони Європи. – К.:Фітосоціоцентр, 1999. –180 с.
4. Бойко М.Ф. Червоний список мохоподібних України. Монографія. – Херсон: Айлант, 2010. – 94 с.
5. Бойко М.Ф. Таксономічна структура бріофлори степової зони України // Чорноморськ. ботан. журн. – 2007. – Т. 3, № 1. – С. 5-29.
6. Бойко М.Ф. Чекліст мохоподібних України. Монографія. – Херсон: Айлант, 2008. – 232 с.
7. Флора мохів України РСР. Андрееві, брієві. У 4-х тома / Бачурина Г.Ф., Мельничук В.М.; Відп. ред. Бардунов Л.В.; АН УРСР Ін-т ботаніки ім.Холодного –К.: Наук. Думка. –1988. Вип. 2. –180 с.
8. Флора мохів України РСР. Андрееві, брієві. У 4-х тома / Бачурина Г.Ф., Мельничук В.М.; Відп. Ред.Бардунов Л.В.; АН УРСР Ін-т ботаніки ім. Холодного –Київ: Наук. Думка. – 1989. Вип. 3. –176 с.
9. Флора мохів України РСР. Андрееві, брієві./ У 4-х тома Бачурина Г.Ф., Мельничук В.М. АН УРСР Ін-т ботаніки ім. Холодного –К.: Наук. Думка. –1987. Вип. 1. –180 с.
10. Флора мохів України. Андрееві, брієві. У 4-х тома/ Бачурина Г.Ф., Мельничук В.М.; Відп. Ред.Бардунов Л.В. –К.: Академперіодика. – 2003. – Вип. 4. – 255 с.

#### REFERENCES

1. Boyko, M.F. Mossy of steppe zone of Ukraine Monograph. Kherson: Ailanthus, 2010.-264
2. Boyko, M.F. Materials to bryoflora of Nyzhnobuzkyh sands (Mykolayiv region, Ukraine)// Chernomorsk. botanical magazine. - 2009. – Vol. 5. – 1. – P. 23-27.
3. Boyko, M.F. Analysis of bryoflora of steppe zone of Europe. – K.:Fitosociocenter, 1999. –180 p.
4. Boyko, M.F. Red list of mossy of Ukraine. Monograph.Kherson: Ailanthus, 2010. – 94 p.
5. Boyko, M.F. Taxonomical structure of bryoflora of steppe zone of Ukraine // Chernomorsk. botanical magazine. – 2007. – Vol. 3, No. 1. – P. 5-29.
6. Boyko, M.F. Checklist of mossy of Ukraine. Monograph. Kherson: Ailanthus, 2008. – 232 p.
7. Flora of bryophyte of Ukraine of SSR. Andreevi, brevi. In 4th
8. Flora of bryophyte of Ukraine of SSR. Andreevi, brevi. In 4 vol / Bachurina G.F., Melnichuk V.M.; ed. L.V. Bardunov; AS UKRAINE Institute of botany named after Holodnyy –K.: Sciences. Idea. –1988. edition 2. –180 p.
9. Flora of bryophyte of Ukraine of SSR. Andreevi, brevi. In 4 vol. / Bachurina G.F., Melnichuk V.M.; ed. Bardunov L.V.; AS UKRAINE Institute of botany named after Holodnyy –K.: Sciences. Idea. –1989.
10. Flora of bryophyte of Ukraine of SSR. Andreevi, brevi. In 4 vol. / Bachurina G.F., Melnichuk V.M.; ed. Bardunov L.V.; AS UKRAINE Institute of botany named after Holodnyy –K.: Sciences. K.: Akademperiodika. – 2003. – 4<sup>th</sup> ed. – 255 p.

#### Taxonomical structure of urbanobioflora of Mykolayiv and adjoining territories (Ukraine)

**O.S. Komisar**

**Abstract.** Annotation. The performed analysis of taxonomical structure of of urbanobioflora of Mykolayiv and adjoining territories (Ukraine). It was detected 58 species of bryophytic and 1 form, which belong to Marchantiophyta and Bryophyta groups, 4 classes, 8 orders, 18 families and 29 genera. Bryofloristic wealth of Mykolayiv can be described as quite poor in comparison with the cities of other regions of Ukraine. The dominant families are Pottiaceae, Brachytheciaceae, Bryaceae and Orthotrichaceae which together make 64.8%. The greatest number of species Pottiaceae family is characterized, which has 12 species of mosses that occupy 20.7% from the total quantity of species of the researched territory.

**Keywords:** bryophytic, groups, class, order, family, genera, species, Mykolayiv, Ukraine



## Накопичення важких металів у деревних породах промислової та транспортної зонах м. Миколаєва

А.М. Космачова, А.Л. Цикало

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна  
E-mail: annkosmacheva@yandex.ru, tsykalf@ukr.net

Paper received 24.11.15; Revised 30.11.15; Accepted for publication 11.12.15.

**Анотація.** Визначено накопичення важких металів (Zn, Ni, Fe, Mn, Pb, Cu) у деревних насадженнях міської агломерації на прикладі *Robinia pseudo acacia* L. посезонно. Встановлено максимальні та мінімальні значення накопичення важких металів рослиною у санітарно-захисній зоні промислових підприємств та поблизу і вздовж найбільш навантажених автотранспортних магістралей. Також проведено порівняльний посезонний аналіз здатності даного виду деревних насаджень поглинати та накопичувати важкі метали. Основною досліджуваною частиною рослини були органи вегетаційного періоду – листки, що проявляють захисні та фітоіндикаційні властивості під час вегетаційного періоду: весна-літо-осінь. Проаналізовано динаміку вмісту кожного елемента у *Robinia pseudo acacia* L. Надані рекомендації щодо використання даного виду рослин при озелененні міста.

**Ключові слова:** сезонна динаміка, вміст важких металів, деревні насадження, санітарно-захисна зона, промислова зона, транспортна зона

**Вступ.** Серед промислового міста відрізняється від природного середовища своєрідністю основних екологічних факторів, а також специфічними техногенними впливами, що здійснюються на живі організми. Великого значення в даному середовищі надають деревно-чагарниковій рослинності, що здатна знижувати негативний вплив антропогенних чинників на навколишнє середовище та нівелювати несприятливі для людини фактори природного і техногенного походження. Однак висока ступінь впливу негативних антропогенних факторів, що притаманна урбанізованим територіям, закономірно призводить до ослаблення рослинності, передчасного старіння, зниження продуктивності, ураження хворобами, шкідниками і загибелі насаджень.

Серед великої кількості шкідливих речовин, що містяться у атмосферному повітрі міста, найбільший вплив на рослинність здійснюють важкі метали (ВМ), які одночасно можуть виступати як необхідні мікроелементи для неї. Їх вміст та динаміка накопичення має велике значення для росту і розвитку деревних рослин, оскільки, з одного боку, вони виступають основними елементами мінерального живлення, а з іншого – є токсичними компонентами, що у великій кількості спроможні призвести до загибелі рослини. Серед таких металів – цинк, залізо, марганець, мідь (основні мікроелементи для рослинного організму) та кадмій, свинець, нікель, хром, ртуть, миш'як (найбільш токсичні метали, що спроможні призвести до порушення життєздатності рослин).

Оскільки міська агломерація складається з чотирьох основних зон: промислової, транспортної, сельбищної та зеленої, актуальним є дослідження тих зон, в яких вміст ВМ у атмосферному повітрі може перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК) і таким чином здійснювати негативний вплив на живі організми. Тому дослідження динаміки зміни вмісту та накопичення ВМ у деревних насадженнях є вкрай важливим і актуальним завданням.

Виходячи з вище сказаного, **мета даної роботи** полягала у дослідженні динаміки накопичення та вмісту важких металів в листках *Robinia pseudo acacia* L., що зростає у промисловій та транспортній зонах м. Миколаєва.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження проводили на листках псевдоакації *Robinia pseudo acacia* L., що найбільш широко представлена в міській флорі міста. Відбір зразків рослинного матеріалу проводився посезонно (весна-літо-осінь) протягом 2014 року. Місця відбору вибиралися при дотриманні наступних умов: територіальне зростання деревних порід поблизу автотранспортних розв'язок, автомагістралей і промислових підприємств, що характеризуються найбільш високим рівнем забруднення (рис. 1).

Визначено 9 місць відбору зразків рослинного матеріалу. Серед них: 3 місця збору – санітарно-захисна зона промислових підприємств, на яких виробляють багатопрофільні газотурбінні двигуни й установки, займаються металургією та металообробкою, суднобудуванням та судноремонтом; та 6 пунктів поблизу та вздовж автомобільних магістралей, транспортних розв'язок міста, які є основними місцями транспортного руху. Фоновою точкою для аналізу вмісту ВМ у *Robinia pseudo acacia* L. було прийнято місце, що знаходиться у південно-східному напрямку від міста на відстані 26 км.

Листя *Robinia pseudo acacia* L. збирались з 5 окремо стоячих дерев у кожній точці, що зростали поруч один з одним, орієнтовано одного віку, по периметру крони з висоти 1,5-2 метри від землі.

За досліджуваній період загальна кількість зразків рослинного матеріалу склала 150. Валовий вміст ВМ у пробах рослинного матеріалу визначали атомно-абсорбційним методом на спектрометрі «С-115-М1». Пробідоготовку рослинного матеріалу для фізико-хімічного аналізу проводили відповідно ГОСТ 26929-94. Статистична обробка експериментальних даних здійснена за допомогою програм Excel, STATISTIKA 6.1.



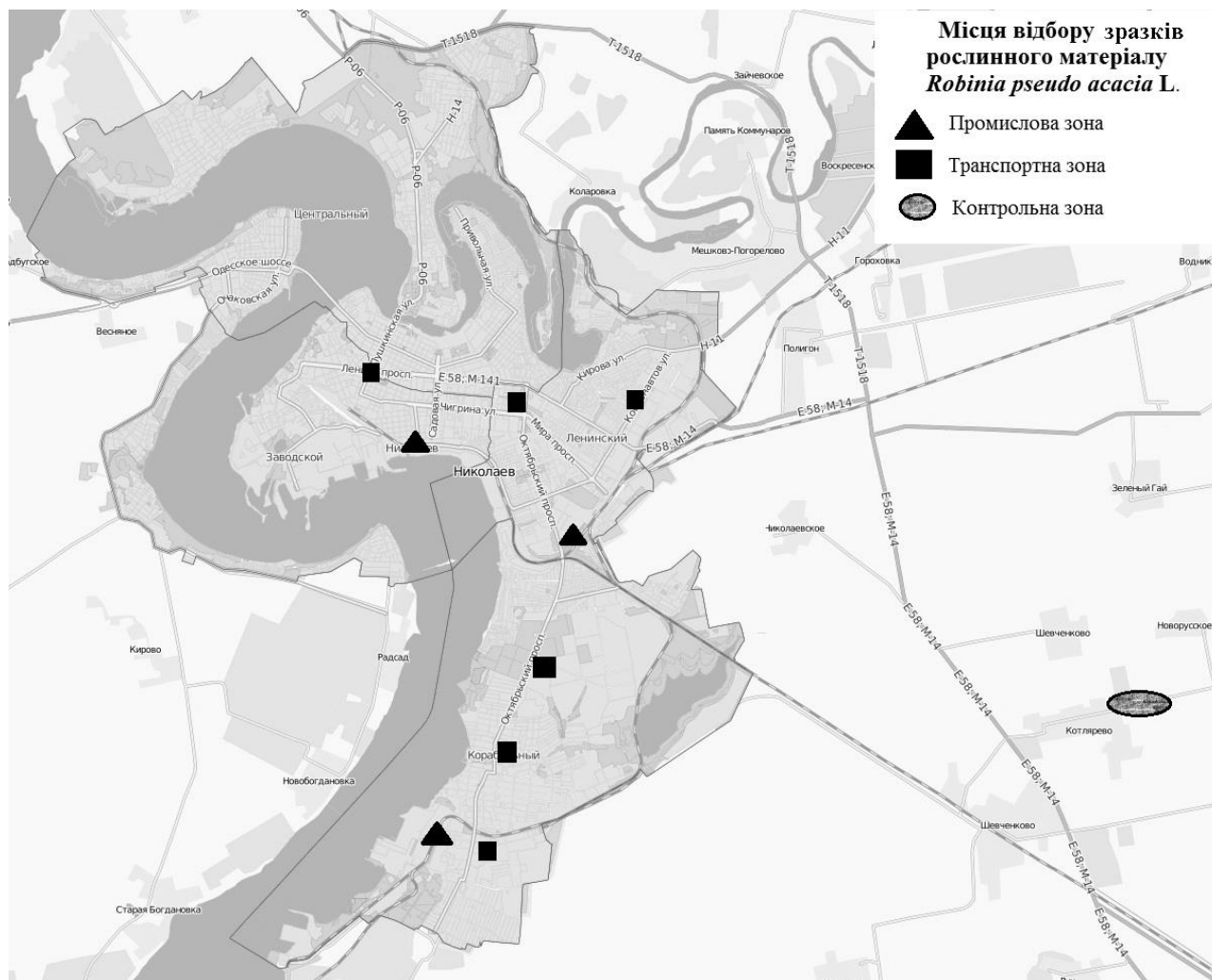
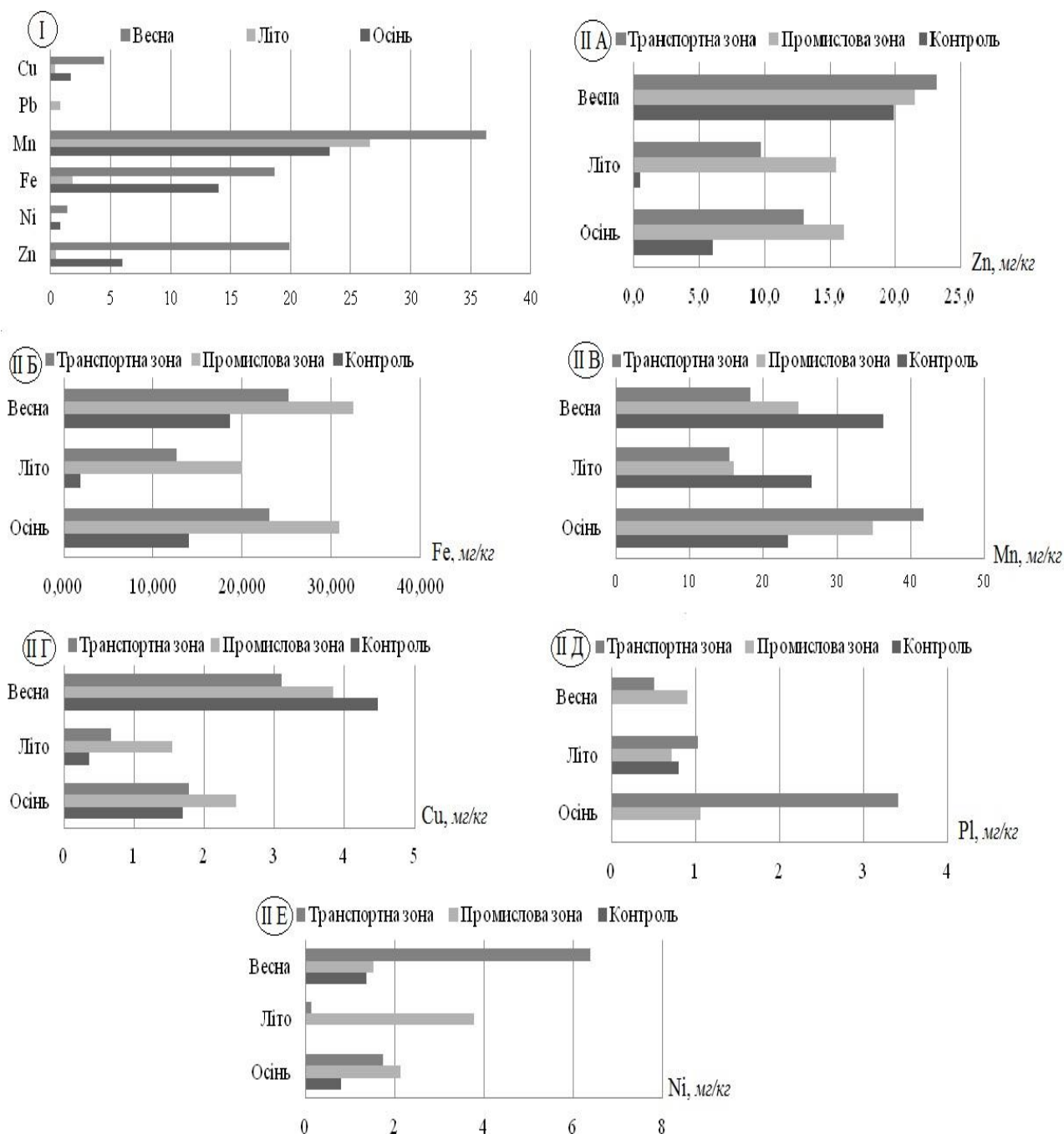


Рис 1. Точки збору зразків рослинного матеріалу в м. Миколаєві

**Результати та їх обговорення.** Проведенні дослідження сезонної динаміки вмісту ВМ (Zn, Ni, Fe, Mn, Pb, Cu) у листках *Robinia pseudo acacia* L., що зростає на території, прийнятій нами за контроль, коливається від 0 до 36,320 мг/кг сухої маси речовини. Найбільший вміст спостерігається марганцю, цинку та заліза (36,320 мг/кг, 19,94 мг/кг та 18,640мг/кг відповідно) у весняний період. Найменший вміст нікелю – 0,02 мг/кг в літку та свинцю – 0 мг/кг на весні і восени, лише в літній період встановлено його вміст у досліджуваних органах рослини – 0,798 мг/кг (рис. 2. I). Наявність Mn, Zn та Fe безпосередньо пояснюється їх значною роллю у метаболічних процесах, що відбуваються у клітинах та обміні речовин між тканинами. Рух даних металів та участь у окисно-відновних процесах давно доведена у багатьох роботах вітчизняними та зарубіжними вченими. Відсутність або незначна кількість Ni, Pb, що встановлена у листках рослини є нормою, оскільки дані метали є токсичними для рослин, і великий їх вміст може призвести до захворювань. Також доведено, що Ni, Pb поглинаються більшою мірою надземною частиною рослин, особливо листками, накопичуючись не на поверхні листової пластини, а проникаючи у клітини. Тому дослідження вмісту ВМ, особливо токсичних, у навколишньому середовищі з використанням фітоіндикаторів доцільно проводити на асиміляційних органах рослини.

При дослідженні вмісту марганцю у листках псевдоакації, що зростає у СЗЗ промислових підприємств та поблизу основних автомагістралей міста, було встановлено, що найбільше даного металу накопичено восени (41,7 мг/кг), а найменше влітку (15,4 мг/кг) у транспортній зоні. Як помітно на рис. 2: II В, вміст марганцю у псевдоакації, що зростає в умовах міста, прямо пропорційний вмісту марганцю у псевдоакації, що зростає в умовно чистому середовищі. Таким чином, можемо стверджувати, що *Robinia pseudo acacia* L. є ефективним природним фільтром у міському середовищі щодо поглинання та накопичення марганцю, особливо поблизу автодоріг (де викиди даного металу здійснюються пересувними джерелами забруднення і контроль за якими важко відстежувати).

Подібна картина спостерігається і стосовно накопичення заліза та цинку. Слід відзначити активність накопичення даних металів в літній сезон поблизу промислових підприємств. В 10 разів більше поглинається Fe (20 мг/кг), та в 35 разів більше Zn (15,5 мг/кг) (рис. 2: II А, II Б). В усіх сезонах року спостерігається висока здатність до накопичення Fe та Zn листям *Robinia pseudo acacia* L., що зростає у СЗЗ промислових підприємств, і тим самим доводиться їх захисна функція в утриманні забруднюючих речовин та очищенні атмосферного повітря для сельбищних зон міста.



**Рис. 2.** I – Фонова динаміка вмісту важких металів у листках *Robinia pseudo acacia* L.; II – Вміст цинку (А), заліза (Б), марганцю (В), міді (Г), свинцю (Д) та нікелю (Е) (в мг/кг сухої речовини) в листках *Robinia pseudo acacia* L., що зростають в природній (контроль), промисловій та транспортній зонах м. Миколаєва, у весняний, літній та осінній періоди.

Що стосується вмісту міді у листках псевдоакації, значних змін не виявлено. Є певна динаміка у поглинанні металу поблизу підприємств в літній та осінній періоди року (рис.2: II Г). Хоча тенденція до накопичення цього металу у листях рослини прослідковується у літній та осінній періоди, все ж надмірна кількість його зафіксована навесні, що майже вдвоє більше за попередні показники, особливо у контрольній зоні (весна – 4,5 мг/кг; літо – 0,4 мг/кг; осінь – 1,7 мг/кг); у транспортній та промисловій зонах ці показники навіть менші за фоніві – на 1,4 та 0,7 мг/кг відповідно.

Особливу увагу викликають дані, що були отримані при аналізі вмісту токсичних металів (Pb, Ni) у листках *Robinia pseudo acacia* L. Виявилось, що за нормальних екологічних умов свинець присутній лише в

літній період в дуже незначній кількості (0,8 мг/кг), а нікель на весні та восени (1,4 мг/кг та 0,8 мг/кг), що безпосередньо пояснюється фізіологічними процесами у рослинах. В цих процесах дані метали не приймають участі та вони не є необхідними як мікроелементи (рис. 2: I). Але якщо порівняти показники щодо вмісту Ni і Pb у листках того ж виду рослин, які зростають у міській агломерації, спостерігається значна динаміка їх накопичення (рис. 2: II Е). Листя псевдоакації здатне накопичити Pb у 3,5 рази більше, а Ni – у 6 разів більше за норму. Таким чином, можемо стверджувати, що *Robinia pseudo acacia* L. виступає дуже ефективним фітоіндикатором щодо накопичення токсичних речовин та ефективним фільтром при очищенні атмосферного повітря від забруднюючих речовин.

**Висновки.** Враховуючи, що джерелом викиду ВМ у атмосферне повітря є стаціонарні та пересувні джерела забруднення, їх накопичення та розсіювання у міській агломерації характеризується змінною динамікою, і не є сталим показником. Зі зміною рози вітрів та інших супутніх екологічних факторів важкі метали можуть переміщуватися із локальних зон забруднення (промислової та транспортної) до сельбищної та зеленої зон міста. Тому здатність та інтенсивність поглинання металів асиміляційними органами деревних рослин із повітря відіграють важливу роль у збереженні чистоти атмосферного повітря навколишнього середовища міста.

Отримані нами результати дозволили визначити особливості *Robinia pseudo acacia* L. у накопиченні важких металів у листках даного виду протягом вегетаційного періоду (весна-літо-осінь). Так, найбільша

аккумуляційна здатність до накопичення ВМ у промисловій зоні зафіксована наступним чином: Fe – протягом всього вегетаційного періоду, Cu, Ni та Zn – влітку та восени, Pb – навесні. У транспортній зоні: на весні – Zn, Ni; влітку – Pb; восени – Mn, Pb.

На основі проведених досліджень можна також розташувати в ряд за сезонами вміст ВМ у листках рослини (мг/кг сухої речовини): на весні Fe (32,5) > Zn (23,2) > Ni (6,4) > Pb (0,9); влітку Fe (20) > Zn (15,5) > Ni (3,8) > Cu (1,5) > Pb (1); восени Mn (41,7) > Fe (31) > Zn (16,1) > Pb (3,4) > Cu (2,5) > Ni (2,1). Отримані дані можуть бути використані при підборі рослин для санітарно-захисної зони та в ландшафтному озелененні промислових міст, оскільки доведена захисна здатність деревних насаджень на прикладі виду *Robinia pseudo acacia* L.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Давыдова О.А., Шарифзянов Р.Б., Климов Е.С. Содержание тяжелых металлов в древесных насаждениях в условиях промышленного города (на примере г. Ульяновска) // Современные наукоемкие технологии: Матер. научной междунар. конф. «Окружающая среда и развитие человека», Иркутск, 2010. № 7. С. 215–216.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М.: Мир, 1989 г., 439 с.
3. Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С., Глебова О.В. и др. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. М.: Наука, 2000. 286 с.
4. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 154 с.
5. Шарифзянов Р.Б. Факториальная зависимость содержания тяжелых металлов в древесных насаждениях на урбанизированной территории // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского «Общая биология», 2011, № 2(2), С. 161-164.
6. Шарифзянов Р.Б., Давыдова О.А., Климов Е.С. Влияние промышленных предприятий на накопление тяжелых металлов в древесных насаждениях // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Сер. технические науки. 2009. № 3. С. 35–37.
7. Шарифзянов Р.Б., Давыдова О.А., Климов Е.С. Озеленение урбанизированных территорий в условиях загрязнения ионами тяжелых металлов // Матер. междунар. научной конф. «Чтения памяти Э.Л. Вольфа», СПб., 2010. С. 233-234.

#### REFERENCES

1. Davydova, O.A., Sharifzyanov, R.B., Klimov, E.S. The content of heavy metals in wood plantations in industrial city (on an example 2. of Ulyanovsk) // Modern high technologies: Mater. Science Intern. Conf. "Environment and Human Development", Irkutsk, 2010. № 7. P. 215-216.
2. Kabat-Pendias, A., Pendias, H. Trace elements in soils and plants: Trans. from English. M.: Mir, 1989, 439 p.
3. Kolomyts, E.G., Rosenberg, G.S., Glebova, O. et al. The natural complex of the big city: Landscape and environmental analysis. M.: Nauka, 2000. 286 p.
4. Perelman, A.I. Geochemistry of natural waters. M.: Nauka, 1982. 154 p.
5. Sharifzyanov, R.B. Factorial dependence of heavy metals in wood plantations in the urbanized area // Bulletin of the Nizhny Novgorod University. Lobachevskii "General Biology", 2011, № 2 (2), pp 161-164.
6. Sharifzyanov, R.B., Davydova, O.A., Klimov, E.S. The impact of industrial enterprises on the accumulation of heavy metals in wood plantations // News of higher educational institutions. North Caucasus region. Ser. Technical science. 2009. № 3. P. 35-37
7. Sharifzyanov, R.B., Davydova, O.A., Klimov, E.S. Greening of urban areas in terms of contamination with heavy metal ions // Mater. Internat. Conf. "Readings in memory of EL Wolf", St. Petersburg., 2010, pp 233-234.

#### Dynamics of accumulation of heavy metals in wood species, industrial and transport areas of Mykolayiv

A.M. Kosmacheva, A.L. Tsykalo

**Abstract.** Is defined the seasonal dynamics of heavy metals (Zn, Ni, Fe, Mn, Pb, Cu) in the urban agglomeration of tree plantations on the example of *Robinia pseudoacacia* L. It was found maximum and minimum values of heavy metal accumulation in plants sanitary protection zone of industrial enterprises, as well as most congested road thoroughfares of the city. Also, carried out a comparative analysis of seasonally of the ability of this type of tree plantations to absorb and accumulate heavy metals. The main bodies of the study of plants had leaves that perform protective functions and are indicators of the environment. Investigations were carried out during the spring-summer and autumn 2014. Analyzed the dynamics of the content of each element in the *Robinia pseudoacacia* L. Are given recommendations on the use of this type of plants in the landscaping of the city.

**Keywords:** seasonal dynamics, content of heavy metals, wood plantations, sanitary protection zone, industrial zone, transport zone

## Zn hatásának vizsgálata szivárványos guppi lárvák túlélésére és szívverésének intenzitására

Holis Diana\*, Simon Edina

Debreceni Egyetem, Ökológiai tanszék, Debrecen, Magyarország

\*Corresponding author. E-mail: holis.diana@gmail.com

Paper received 05.12.15; Revised 10.12.15; Accepted for publication 14.12.15.

**Abstrakt.** Napjainkban a nehézfém ionok vizsgálata a különböző felszíni, felszín alatti vizekben létfontosságúvá vált az ökológia terén, mivel különböző antropogén hatások következtében a vízi ökoszisztémát veszélyeztető jelentős szennyezések alakultak, illetve alakulnak ki. Vizsgálatunk során különböző koncentrációjú Zn-oldatok (0,5 és 1,0 mg/L) hatását tanulmányoztuk szivárványos guppi lárvák (*Poecilia reticulata*) túlélésére és szívverésük intenzitására. A vizsgálatokat 3-szoros ismétléssel végeztük, kontroll oldatként ásványvizet használtunk. Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy ugyan a Zn-re való érzékenység csökken a halak korával, de nem válnak teljes mértékben rezisztenssé rá, mivel mind a túlélésre, mind a szívverés intenzitására hatással lehetnek.

**Keywords:** *Poecilia reticulata*, toxicitás, nehézfémek

**Bevezetés.** A nehézfémekkel szennyezett vizek különböző fejlődési rendellenességeket okozhatnak a halak esetében. Korábbi vizsgálatok már bizonyították, hogy mind a juvenilis, mind az adult halegyedek esetében fejlődési rendellenességek tapasztalhatóak a nehézfém szennyezések hatására [1, 2]. Mivel az újszülött halak hasonló metabolikus folyamatokkal rendelkeznek, mint a juvenilis és az adult szervezetek, ezért már embrionális fejlődési stádiumban is kiválóan alkalmasak indikátor szervezetnek nehézfém szennyezések hatásának becslésére [2]. Összességében a nehézfémek leggyakrabban toxikus hatást fejtenek ki a halakra, ha a mennyiségük meghalad egy bizonyos koncentrációt, de okozhatnak fejlődési rendellenességeket, morfológiai és funkcionális abnormalitásokat. Egyes enzimek lokális vagy egész szervezetre kiterjedő hipo-, illetve hiperfunkcióját válthatják ki, ezáltal a kiváltott hatás függvényében vagy lokalizált hatást fejthetnek ki egyes szervekben, szervrendszerekben, vagy az egész szervezetre kiterjedő hatást válthatnak ki. Az egyedi érzékenységtől, illetve nehézfémeknek való kitettség mértékétől és idejétől függően pusztulást okozhatnak. [1, 2, 3, 4, 5, 11]

Az Egészségügyi Világszervezet, vagyis a WHO bevezette a megfelelő vízminőség érdekében a nehézfémekre és más komponensekre vonatkozó maximális megengedhető koncentrációt, amely a természetes vizekben nagyobb, tengerekben kisebb koncentrációban jelen lévő Zn-re is vonatkozik. A WHO által meghatározott maximális megengedhető Zn-koncentráció 5 mg/L. A Zn, mint ahogy az összes többi, vízben található elem is, részt vesz a halak egészséges homeosztázisának kialakításában. Természetesen a Zn koncentrációjának megváltozása maga után vonja a halak homeosztázisának változását, akár felborulását is, ez történhet akár közvetlenül – a koncentráció változása miatt, és a Zn más, a szervezet számára fontos ionokkal való kompetíciója miatt, vagy közvetetten, a már fent említett enzimaktivitás befolyásolásán keresztül [2, 7, 9 10].

A cink hatásának vizsgálatát a legjobban olyan szervezeten lehet tanulmányozni, amely gyors reprodukcióra képes. Ezért választottuk vizsgálatainkhoz a szivárványos guppit (*Poecilia reticulata*, Peters 1859). A szivárványos guppi egy elevelenszülő faj, amely nagyszámú utódot hoz világra, és az újszülöttek már születésükkor nagy hasonlóságot mutatnak a felnőtt egyedekkel, s a felnőttekéhez hasonló metabolikus folyamatok játszódnak le a testükben. Ennek köszönhetően a szivárványos guppi kiválóan alkalmas az édesvízi halakat érő különböző antropogén hatásokra adott reakcióik tanulmányozására. Ezzel modellezhetővé válik az

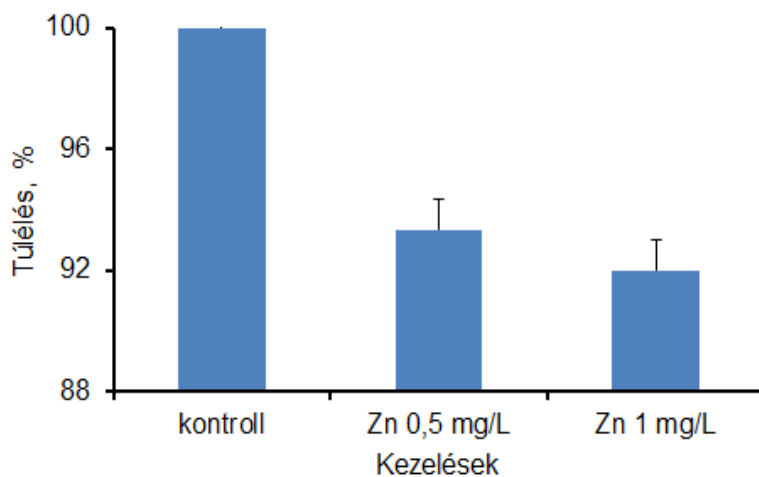
esetleges környezeti változások (akár természetes, akár antropogén hatás által kiváltott) hatása egyes szervezetre és fajokra [5]. A lárvák születése után a halak szíve jól látszik mikroszkóp alatt, mivel még nem ment végbe a végleges pigmentáció. Vizsgálatunk során különböző koncentrációjú Zn oldatok (0,5 és 1,0 mg/L) hatását tanulmányoztuk szivárványos guppi lárvák (*Poecilia reticulata*) túlélésére és szívverésük intenzitására. Hipotézisünk szerint a nagyobb Zn-koncentrációjú oldat eltérő hatással lesz az egyedek túlélésére és a szívverés intenzitására, mint a kontroll és kisebb koncentrációjú Zn oldat.

**Anyag és módszer.** A kísérlet során cink-szulfátból ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 0,5 és 1mg/L koncentrációjú Zn oldatot készítettünk. Az oldatokat csapvízzel oldottuk, mivel a desztillált víz nem volt megfelelő. A lágy víz (a desztillált víz) erősíti a cink toxicitását, ezzel szemben a Mg és a Ca – vagyis a víz keménységét elsődlegesen kiváltó két ion – pedig gyengítheti a toxicitás mértékét [7]. Kontroll oldatként ásványvizet (Nestlé Aquarel) használtunk, mivel korábbi méréseink során ebben a kontrollként használt oldatban tapasztaltuk a legnagyobb túlélési arányt. A hallárvákat külön-külön tartályokba helyeztük; 1 db tartályba 5 db hal került, és valamennyi kezelés esetében (kontroll, Zn 0,5 mg/L, Zn 1.0 mg/L) 3-szoros ismétléssel végeztük a kísérletet. Majd 24 óra elteltével a laborban Keyence VHX 2000-es mikroszkóppal 30 sec-os videofelvételeket készítettünk minden egyedről 50x-es nagyításban. A halakat minden vizsgálatnál a hátukra fektettük egy nedves vattacsomón, így a hasi oldalán, a kopolyuk alatt jól látható az újszülöttek szívdobogása, mivel még nem következett be a halak pigmentációja. A vizsgálatot az 1. ábra szemlélteti, ahol a piros körön belül jól látható a szív elhelyezkedése.

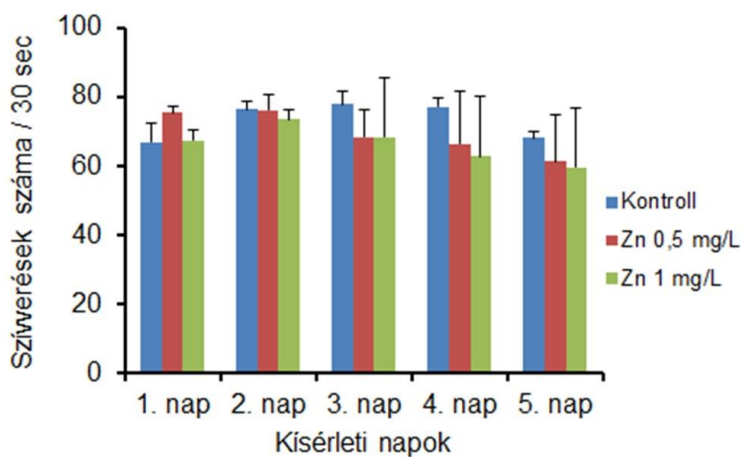
A kísérlet egymást követő 5 napon át tartott, minden mérés ugyanabban az időben zajlott, megszakítások nélkül. Fontos volt, hogy betartsuk a vizsgálatok során az azonos időpontban történő mérést, mivel a halak cirkadián ritmusa már az újszülöttek esetében is befolyást gyakorolhat a szívverésre. Az azonos időpontokban való méréssel kiküszöbölhetjük a cirkadián ritmus hatását a szívverésre a vizsgálatunk során [6]. A halivadékokat minden második nap megfelelő mennyiségű mikrotáppal etettük, ezzel is csökkentve az esélyét annak, hogy éhezés miatt pusztulnak el. Ezután a videofelvételek kiértékelése következett, minden videót VHL videoplayer programmal nyitottunk meg, mivel ez a program biztosította a legjobban a munkához szükséges, könnyen irányítható kezelő



1. ábra. Szivárványos guppi lárva szívverésének vizsgálata Keyence VHX 2000-es típusú mikroszkóppal.



2. ábra. A guppi lárva túlélése (átlag ± SD) a különböző Zn koncentrációjú oldatokban.



3. ábra. A szívverések száma a (átlag ± SD) kísérleti napok függvényében.

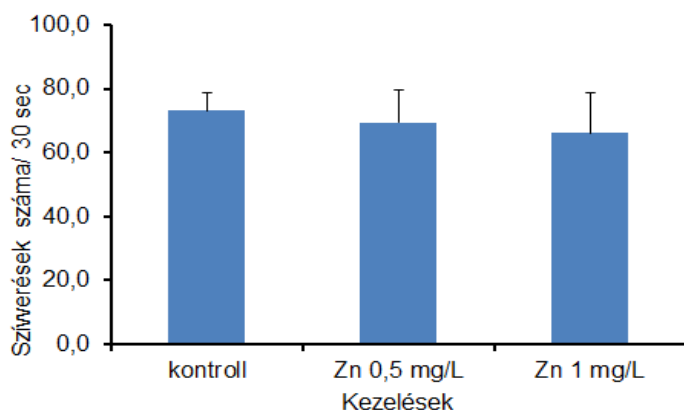
felületet, és a videók elemzéséhez szükséges lassítás funkció irányítását. Az egyedek szívverését vizuális módszerrel számoltuk. Az adatokat Excel fájlba írtuk, ahol a halak pusztulását/túlélését is feljegyeztük, napi szinten. Statistica 7.0 statisztikai programmal végeztük a statisztikai kiértékelést. A különböző Zn koncentrációjú oldatok hatását a halak túlélésére és szívintenzitására Kruskal-Wallis nem-parametrikus teszttel értékeltük.

**Eredmények.** A kontroll oldatokban a vizsgált egyedek túlélése 100%-os volt, ezt követte a Zn 0,5 mg/L koncentrációja, majd, a várt eredményeknek megfelelően, a legnagyobb pusztulás a Zn 1 mg/L koncentrációjú oldatban történt (2. ábra), bár szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk az egyedek túlélésében a különböző oldatokban való tartás során ( $H = 2,146$ ;  $P = 0,342$ ).

A szívverés intenzitás vizsgálatát az eltelt idő (napok) függvényében is vizsgáltuk. A 3. ábrán láthatjuk, hogy mind a 0,5 mg/L mind az 1 mg/L koncentrációjú oldatban a halak szívverése folyamatosan csökkenő tendenciát mutat, ellentétben azzal, amit a kontroll oldatban tapasztaltunk, ahol is az első nap után a halak szívverése stabilizálódott egy bizonyos értéken, és a rátája nem csökkent az utolsó napig. Az utolsó napon megfigyelt csökkenést a vízben felhalmozódott étel- és anyagcseretermékek hatásának tulajdoníthatjuk, mivel az egész kísérlet során a halak ugyanabban a vízben tartózkodtak. A Zn oldatok esetén kizárhatjuk, hogy kizárólagosan az ételmaradék és anyagcseretermékek felhalmozódása volna a felelős a szívverés rátájának csökkenéséért, mivel ezeknél a csoportoknál a csökkenő tendencia már rögtön az első nap után jelentkezik és az egész kísérlet alatt megmarad. Összességében szignifikáns különbséget tapasztaltunk az eltelt napok függvényében az egyedek szívverése számában ( $H = 11,528$ ;  $P = 0,021$ ).

A fent említettek mellett megfigyelhetjük azt is, hogy míg a kontroll csoport halainál a szívverés értékének a szórása – az első nap kivételével – nem haladta meg az 5 szívverést (első nap 5,2), és a szórás értéke csökkenő tendenciát mutatott, addig a Zn 0,5 mg/L-es csoportnál a szórás értéke meghaladta a 15 szívverést, és a maximális értékét a negyedik napon érte el (15,1). A Zn 1 mg/L-es csoportnál a szórás értéke az első 2 napon 5 szívverésen belül maradt, majd harmadik napon ugrásszerűen megnőtt, és meghaladta a 17 szívverést. A maximális értéket a Zn 0,5 mg/L-es oldathoz hasonlóan a negyedik napon érte el, 17,2 értékkel.





4. ábra. Szivárványos guppi lárvák szívverésének száma (átlag ± SD) különböző Zn koncentrációjú oldatokban

**Következtetések.** A kísérlet során kapott eredmények egyértelműen mutatják, hogy az alkalmazott Zn mennyiségek jelenléte a vízben befolyással van mind a halak túlélési rátájára, mind a pulzuszgyakoriságukra, illetve a szívverés stabilitására.

A Zn ionokról ismert, hogy ha nagyobb mennyiségben jutnak be a szervezetbe, akkor egyes ioncsatornákon, illetve receptorokon és kötőhelyeken kompetíció alakul ki a Ca és Zn ionok között, vagyis egy olyan hatás jön létre, mintha a Ca ionok szintje csökkent volna a szervezetben, annak ellenére, hogy a mennyiségük változatlan. Ez egyértelműen magyarázza azt, hogy a kemény (azaz magas Ca tartalmú) vízben miért gyengülnek a Zn mérgezés tünetei. Továbbá arra is magyarázatot ad, hogy miért csökken a pulzusszám a Zn oldatokba helyezett halaknál, illetve miért voltak megfigyelhetőek egyes halaknál görcsökre utaló tünetek. [8]

A Ca a szervezet működése számára egy nélkülözhetetlen ion. Az egyik legfontosabb szerepe az izomműködés szabályozásában áll. Hiszen a Ca ionok troponin C fehérjéhez való kötődése teszi lehetővé a kereszthidak létrejöttét az aktin és miozin filamentumok között, ezáltal biztosítja a megfelelő izomműködést. Ebből kifolyólag a Ca hiánya izomgyengeséghez, izomgörcsökhöz és helytelen

A 4. ábrán látható, hogy a legnagyobb szívverésszám a kontroll csoportban volt mérhető. A cinket tartalmazó oldatokban, mind a Zn 0,5, mind a Zn 1 mg/L oldatban a szívverésszám kisebb volt, mint a kontrollban. Továbbá a Zn 1 mg/L oldatban kisebb volt az átlag szívverésszám, mint a Zn 0,5 mg/L oldatban. A fent leírt tünetek mellett egyes halaknál, melyeket a Zn 1 mg/L-es oldatba helyeztünk, görcsökre emlékeztető mozgások és rángások voltak megfigyelhetők, habár szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk a különböző oldatokban tartott egyedek szívverésében ( $H = 2,872$ ;  $P = 0,238$ ).

izomműködéshez vezet. Ez igaz mind a szív-, mind a vázizmokra. Így a Zn kompetíciója a Ca ionokkal megmagyarázza az általunk kapott eredményeket, a pulzusszám terén, illetve arra is magyarázatot ad, miért figyeltünk meg egyes halaknál az egész testükre kiterjedő görcsöket a töményebb Zn oldatban.

Mindent egybevetve a magas Zn ion koncentráció a vízben csökkenti a guppi lárvák túlélési rátáját, csökkenti a pulzusszámot, rendszertelenné teszi a szívverést, sőt, akár egész testre kiterjedő izomgörcsöket és rángásokat idézhet elő. Eredményeink a korábbi vizsgálatok eredményeihez hasonlóan azt bizonyítják, hogy ugyan a Zn-re való érzékenység csökken a halak korával, de nem válnak teljes mértékben rezisztenssé rá. A korral történő rezisztencia-kialakulás mértékének ismeretében az újszülött halakon szerzett eredmények alkalmazhatóakká válnak a felnőtt halakra is. [2, 5]

**Köszönetnyilvánítás:** Ezúton szeretnék köszönetet nyilvánítani a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft-nek a támogatásért, amely nélkül a kutatást nem lehetett volna kivitelezni. A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft által rendelkezésünkre bocsátott Keyence VHX 2000-es mikroszkóp segítségével kiváló minőségű felvételeket készíthettünk.

## REFERENCES

1. Alam, M.K., Maughan, O.E. The effect of malathion, diazinon, and various concentrations of zinc, copper, nickel, lead, iron, and mercury on fish. *Biological Trace Element Research*. 1992. 34(3): 225-236.
2. Clearwater, S.J., Farag, A.M. et al. Bioavailability and Toxicity of Dietborne Copper and Zinc to Fish. *Comparative Biochemistry and Physiology C-Toxicology & Pharmacology*. 2002. 132(3): 269-313.
3. Franco, J.L., Posser, T., Mattos, J.J., Sánchez-Chardi, A., Trevisan, R., Oliveira, C.S., Carvalho, P.S., Leal, R.B., Marques, M.R., Bairy, A.C., Dafre, A.L. Biochemical alterations in juvenile carp (*Cyprinus carpio*) exposed to zinc: glutathione reductase as a target. *Mar Environ Res*. 2008. 66(1):88-9.
4. Giardina, A, Larson, S.E., Wisner, B., Wheeler, J., Chao, M. Long-term and acute effects of zinc contamination of a stream on fish mortality and physiology. *Environ Toxicol Chem*. 2009. 28(2):287-95. / URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18937529>
5. Halver, J.E., Hardy, R.W. *Fish Nutrition*. 3<sup>rd</sup> edition, Academic Press 2002. 264-294.
6. Kneis, P., Siegmund, R. Heart rate and locomotor activity in fish: Correlation and circadian and circannual differences in *Cyprinus carpio* L. 1976. 32(4):474-476.
7. Lenntech – Zinc and water: reaction mechanisms, environmental impact and health effects. Online source: <http://www.lenntech.com/periodic/water/zinc/zinc-and-water.htm> Accessed: 2015.12.14.
8. Reed, P., Richey, D, Roseboom, D. Acute Toxicity of Zinc to Some Fishes in High Alkalinity Water. Illinois Institute Of Natural Resources, Urbana 1980. <http://www.sws.uiuc.edu/pubdoc/C/ISWSC-142.pdf>
9. Witeska, M., Kosciuk, B. "The changes in common carp blood after shortterm zinc exposure." *Environmental Science and Pollution Research*. 2003. 10(5): 284-286.
10. WHO/SDE/WSH/03.04/17. Zinc in Drinking-water. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva, 1996.
11. Zang Weiling, Ye Lin, Xu Xuancheng, Gong Shuchun. Toxic effects of zinc on four species of freshwater fish. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 1991. 9(1):64-70. <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02849791>

**Influence of Zn on the survival rate and heart rate of guppy larvae**

**D. Holis, E. Simon**

**Abstract:** Nowadays the research of different heavy metals in surface and ground waters became a crucial part of ecological researches. Because of different anthropogenic factors that caused and still cause the pollution of all aquatic systems. In our research we used different concentrations of Zn solutions (0,5 and 1 mg/l) to study the influence of Zn on the guppy (*Poecilia reticulata*) survival rate and heart rate. The examinations were repeated 3 times. Mineral water with optimal ion concentration was used as control solution. Our results showed that Zn influences both the survival rate and the heart rate of guppy, though the Zn sensitivity decreases with age of fish fry. Both survival rate and heart rate significantly decreased in solutions containing Zn.

**Keywords:** *Poecilia reticulata*, toxicity, heavy metals

## Биоконверсия тяжелых металлов в фиторемедиационных технологиях доочистки и очистки сточных вод

Е.А. Петракова\*, Л.Н. Анищенко

ФГБОУ ВПО Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского, г. Брянск, Россия

\*Corresponding author. E-mail: lenuri@bk.ru

Paper received 21.11.15; Revised 28.11.15; Accepted for publication 02.12.15.

**Аннотация.** В камеральных условиях исследована поглотительная способность 11 видов макрофитов четырех экологических групп по отношению к катионам тяжелых металлов. Изучена остаточная концентрация ионов тяжелых металлов после экспозиции растений в растворе и, следовательно, выявлены возможности биологического поглощения токсикантов. Для фиторемедиационных мероприятий сточных вод предложены виды *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, для конструирования поливидовых биоплато из макрофитов рекомендованы двухкомпонентные поглотительные системы *Ceratophyllum demersum*–*Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum*–*Hydrocharis morsus-ranae*, при экспонировании растений в водах не более 12 (15) сут.

**Ключевые слова:** макрофиты, тяжелые металлы, сточные воды, медь, никель, цинк, свинец, фиторемедиация

**Введение.** В настоящее время растущее поступление сточных вод в природные водоемы приобретает характер глобальной экологической угрозы. Водные экосистемы подвергаются значительному антропогенному загрязнению, что отражается на их продуктивности и качестве воды. Стоки предприятий химического и нефтехимического профилей содержат различные токсиканты, среди которых особую опасность представляют тяжелые металлы (ТМ), обладающие биологической активностью, мутагенными и канцерогенными свойствами. Для минимизации отрицательного влияния ТМ на гидросферу необходима разработка новых и усовершенствование существующих методов очистки стоков путем снижения концентраций токсикантов, в том числе и методом биоконверсии с использованием высшей водной растительности.

Среди тяжелых металлов  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  имеют наиболее широкое распространение в сточных водах многих предприятий (горнодобывающих, металлургических, текстильных, гальванических, машиностроения) [1, 3]. Ряд из них присутствует и на территории Брянской области (Нечерноземье РФ). Перспективный способ очистки и доочистки сточных вод – фиторемедиация, один из видов биоконверсии. Наиболее перспективна биоремедиация при конструировании очищающих плато с водными макрофитами, широко распространенными в различных местообитаниях районов очистки вод. Известны работы по снижению нефтяного загрязнения сточной воды при помощи нефтетолерантных гидробионтных растений, уменьшению концентрации меди и хрома (VI) [5, 7, 8]. В настоящее время наиболее актуальная задача – поиск таких фиторемедиантов, которые в максимальной степени удовлетворяли бы требованию очистки и доочистки вод от токсикантов, в частности от ТМ, хорошо набирали биомассу, а также утилизировались.

**Цель исследования** – конструирование и апробация моно- и поликомпонентных (видовых) систем макрофитов для биоконверсии элементов группы тяжелых металлов в биотехнологиях доочистки и очистки сточных вод, прудов, озер в местах рекреации, птицеводческих комплексов (на примере вод Нечерноземья РФ).

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования являются биохимические показатели водных растений, а также индикаторные особенности флоры водных макрофитов водоемов и водотоков в бас-

сейнах рек Ипути и Десны (Брянская область, Нечерноземье РФ).

Для оценки накопительной и фиторемедиационной возможности водных растений по отношению к ионам ТМ с площади  $0,25 \text{ м}^2$  собиралась биомасса растений. Исследовались одновидовые поглотительные комплексы – *Lemna minor* L., *Lemna trisulca* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Utricularia vulgaris* L., *Ceratophyllum demersum* L., двухвидовые поглотительные комплексы – *Ceratophyllum demersum* и *Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum* и *Lemna trisulca*, *Ceratophyllum demersum* и *Hydrocharis morsus-ranae*. Макрофиты принадлежат к экологическим группам плейстофитов, плавающих в толще воды гидрофитов.

Макрофиты выращивались в лабораторных условиях при искусственном освещении (11-часовом световом дне) и температурой воды от  $+22$  до  $+25$  °С. Для выращивания растений использовалась водопроводная отстоянная в течение 7 суток вода. Навеска макрофитов ( $1,5 \pm 0,3$  г.) помещалась в раствор ТМ с определенной концентрацией и выращивалась в стеклянных конических колбах емкостью 250 мл. В течение 15-22 суток через определенные промежутки времени проводился отбор и измерение концентрации ионов ТМ в растворах. Остаточная концентрация ТМ определялась методом спектрофотометрии и атомно-абсорбционной спектрометрии. Предельно допустимая концентрация (ПДК) для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения принималась в 1 мг/л.

**Результаты и их обсуждение.** Камеральные исследования по сорбционным возможностям четырех видов макрофитов показали следующее (рис. 1). Во всех опытных растворах (с начальной концентрацией  $\text{Cu}^{2+}$  2 и 4 мг/л) концентрация ионов  $\text{Cu}^{2+}$  уменьшалась после добавления макробионтов, что наблюдалось и в экспериментах других авторов [1, 5, 8,]. На 7 сут концентрация  $\text{Cu}^{2+}$  уменьшилась более чем в 6 раз при начальной концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  2 мг/л и более чем в 3 раза при начальной концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  4 мг/л. Начиная с 3 сут после пребывания макрофитов в растворах регистрировалось снижение концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$ , достигая минимального значения к седьмым суткам исследования. Далее для всех опытных растворов регистрировалось постепенное увеличение концентрации  $\text{Cu}^{2+}$ , что также подтверждено другими авторами [6, 8]. Поглотительная способность всех макрофитов по отношению к



ионам  $\text{Cu}^{2+}$  показала положительные результаты – наименьшая остаточная концентрация меди наблюдалась после введения ряски малой и элодеи канадской при двух значениях начальной концентрации ионов

$\text{Cu}^{2+}$ . Эти виды можно рекомендовать для фиторемедиационных мероприятий вод, они широко распространены в водных объектах Брянской области, прекрасно размножаются вегетативно.

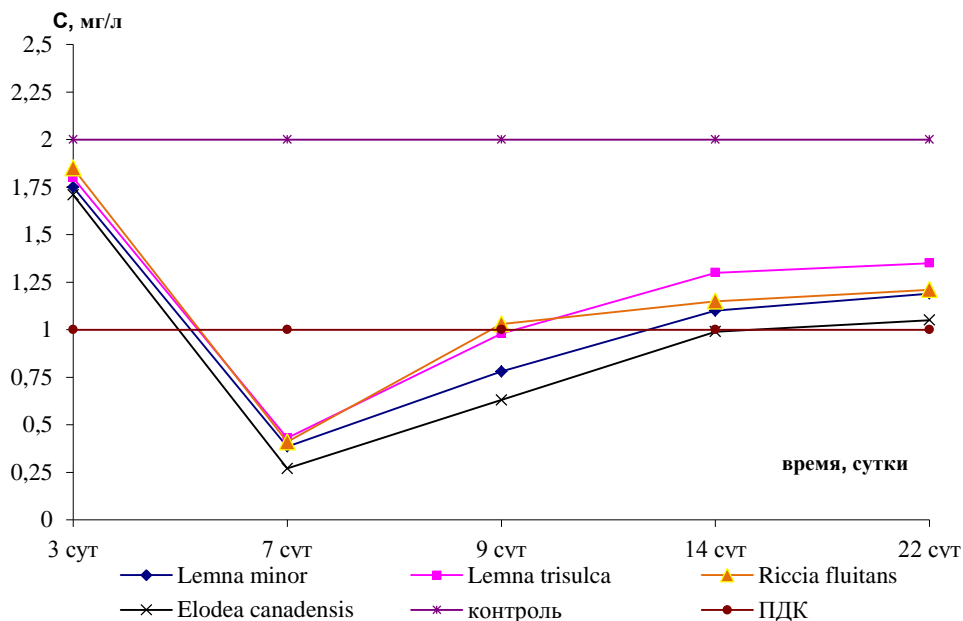


Рис. 1. Изменение концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в растворах с начальной концентрацией 2 мг/л в присутствии макрофитов

При пребывании макрофитов в растворах с  $\text{Cu}^{2+}$  при его исходной концентрации 2 мг/л наиболее частым морфологическим изменением растений на 9 суток диагностировалось обесцвечивание побегов, у риччии плавающей – полная потеря зеленой окраски. При начальной концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  2 мг/л во всех экспонируемых растворах концентрация ТМ снижалась ниже ПДК (1,0 мг/л). На 14 сут концентрация ионов  $\text{Cu}^{2+}$  для риччии и ряски трехдольной превысила ПДК, что наблюдалось и на 22 сут экспонирования. При начальной концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в 4 мг/л ни в одном из экспонируемых растворов концентрация ТМ не снижалась до ПДК. Минимальная концентрация  $\text{Cu}^{2+}$  также регистрировалась для ряски малой и элодеи канадской (7 сут). На 9 и последующие сутки эксперимента выявлено значительное повышение концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в растворах с макрофитами, вероятно, из-за значительной токсикации растений и десорбции макрофитами ионов в раствор. У макрофитов в растворах с начальной концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  4 мг/л уже на 7 суток экспонирования визуально диа-

гностировались изменение окраски побегов, на 9 и последующие сутки – отделение листьев от стебля у элодеи, полное обесцвечивание побегов.

Итак, для *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Elodea canadensis*, *Riccia fluitans* отмечается высокая способность очистки воды от ТМ, при этом максимальная ее эффективность достигается только через определенное время (на 7 суток экспозиции). В опытных растворах имеет место не только сорбция и аккумуляция, но и десорбция ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в растворы. Подобные данные были получены и другими авторами [8]. Наилучшие экстракторы – *Lemna minor*, *Elodea canadensis*. Использование их в фиторемедиации вод рекомендовано проводить определенное время (до 8-9 суток).

Была изучена индивидуальная поглотительная особенность катионов цинка у макрофитов ряски малой, ряски трехдольной и лептодикциума, элодеи канадской и лютика водного (табл. 1). Предварительно готовили серию растворов цинка, концентрацией 2 мг/л. Для спектрофотометрического определения цинка применяли высокочувствительную методику с дитизином [4].

Таблица 1. Остаточная концентрация  $\text{Zn}^{2+}$  в растворах с макрофитами (метод спектрофотометрии)

Макрофиты	Концентрация цинка (мг/л)			
	1 сутки	3 сутки	6 сутки	12 сутки
<i>Lemna minor</i>	2,05	0,275	0,157	0,148
<i>Lemna trisulca</i>	2,05	0,13	0,252	0,114
<i>Ceratophyllum</i>	2,05	0,159	0,051	0,043
<i>Elodea canadensis</i>	2,05	0,267	0,144	0,127
<i>Batrachium aquatile</i>	2,05	0,347	0,233	0,160

Результаты позволяют сделать вывод о том, что гидатофиты на примере роголистника в данном опыте проявляют наибольшую, в сравнении с плейстофитами, накопительную способность.

Биоконверсия свинца. В течение 15 суток через определенные промежутки времени проводили отбор и измерение остаточной концентрации ионов свинца в растворах с макрофитами. В качестве контроля использовали растворы ионов свинца без растений (табл. 2).

**Таблица 2.** Изменение концентрации катионов свинца (4 мг/л) в контрольных и опытных растворах

Макрофиты	Концентрация свинца (мг/л)				
	1 сутки	3 сутки	6 сутки	12 сутки	15 сутки
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	3,85	2,4	0,067	0,00	0,00
<i>Lemna minor</i>	3,85	0,008	0,009	0,015	—*
<i>Lemna trisulca</i>	3,85	0,058	0,028	0,032	—
<i>Ceratophyllum</i>	3,85	1,55	0,02	0,021	0,012
<i>Elodea canadensis</i>	3,85	0,055	0,016	0,009	—*
<i>Batrachium aquatile</i>	3,85	0,012	0,034	0,010	—*
<i>Utricularia vulgaris</i>	3,85	0,083	0,04	0,046	0,029

Примечание: \* – прочерк в ячейках указывает на отсутствие данных, в связи с тем, что до 15 суток макрофиты не просуществовали – растительная биомасса была элиминирована (данных нет).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что во всех опытных растворах концентрация свинца резко уменьшалась после добавления макрофитов. Поглотительная способность всех растений показала положительные результаты, наименьшая остаточная концентрация свинца на третьи сутки эксперимента наблюдалась в опыте с шелковником водным, ряской малой и элодеей канадской. Эти виды широко распространены, прекрасно размножаются вегетативно. В конце эксперимента концентрация уменьшилась более, чем в 1000 раз. В опыте с водокрасом и шелковником практически весь свинец был поглощен (чув-

ствительность прибора ниже остаточной концентрации свинца). Поглотительная способность свинца максимальная у гидатофитов (лидер – элодея канадская) и укореняющихся гидрофитов (лидер – шелковник водный), в ходе эксперимента десорбция катионов обратно в раствор не наблюдалась. Необходимости использования их в сообществе с другими гидрофитами нет.

Камеральные исследования поглотительной способности водных макрофитов различных экологических групп по отношению к ионам никеля показали следующее (табл. 3).

**Таблица 3.** Изменение концентрации ионов Ni<sup>2+</sup> в растворах с начальной концентрацией 4 мг/л в присутствии макрофитов

Видовой состав поглотительных комплексов	1 сутки	3 сутки	6 сутки	12 сутки	22 сутки
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	4,097	3,210	1,30	0,630	—*
<i>Ceratophyllum demersum</i>	4,097	2,270	0,369	0,360	0,200
<i>Utricularia vulgaris</i>	4,097	2,245	0,972	0,612	0,612
<i>Lemna minor</i>	4,097	2,340	0,589	0,304	0,304
<i>Lemna trisulca</i>	4,097	1,248	0,695	0,453	0,445
Контроль	4,097	4,097	4,097	4,097	4,097

Примечание: \* – нет данных.

Во всех опытных растворах концентрация ионов Ni<sup>2+</sup> уменьшалась после добавления макробактериотов, несмотря на значительную концентрацию этого ТМ. На шестые сутки концентрация Ni<sup>2+</sup> уменьшилась в три и четыре раза при экспонировании *Hydrocharis morsus-ranae* и *Utricularia vulgaris* соответственно, в 6 раз – видов рода *Lemna*, в 8 раз – *Ceratophyllum demersum* и *Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum* и *Hydrocharis morsus-ranae*, в 10 раз – *Ceratophyllum demersum*.

Начиная с трех суток после пребывания макрофитов в растворах регистрировалось снижение концентрации ионов Ni<sup>2+</sup>, достигая минимального значения к двенадцатым суткам исследования. Для всех опытных растворов не регистрировалось постепенное увеличение концентрации ТМ, т.е. десорбции ионов выявлено не было, что не подтверждено другими авто-

рами [2, 8]. Ниже ПДК содержание Ni<sup>2+</sup> ни в одном из поглотительных комплексов не снижалось.

Для конструирования поливидовых поглотительных комплексов в биопрудах при доочистке и очистке сточных вод хорошо подходят сочетания роголистника (погруженного вида) и плейстофитного – ряски малой, полупогруженного гидрофита водокраса лягушачьего и ряски трёхдольной. Для Нечерноземья РФ эти данные представлены впервые. Использование макрофитов в фиторемедиации вод необходимо проводить в течение определенного срока (не более 15 суток). Камеральные исследования поглотительной способности водных макрофитов различных экологических групп в двухвидовых и трехвидовых аккумулятивных комплексах показали следующее (табл. 4).

**Таблица 4.** Изменение концентрации ионов тяжелых металлов в растворах в присутствии макрофитов

Видовой состав поглотительных комплексов	Концентрация никеля (мг/л)		Концентрация свинца (мг/л)		Концентрация кобальта (мг/л)	
	1 сутки	12 сутки	1 сутки	12 сутки	1 сутки	12 сутки
<i>Ceratophyllum demersum</i>	4,097	0,360	3,85	0,021	1,9765	0,0025
<i>Lemna</i>	4,097	0,453	3,85	0,032	1,9765	0,0120
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	4,097	—	3,85	<b>0,000</b>	1,9765	0,0144
<i>Ceratophyllum demersum</i> и <i>Lemna minor</i>	4,097	0,318	3,85	0,043	—*	—
<i>Ceratophyllum demersum</i> и <i>Lemna trisulca</i>	4,097	<b>0,333</b>	3,85	0,007	1,9765	<b>0,0044</b>
<i>Ceratophyllum demersum</i> и <i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	4,097	0,418	—	—	1,9765	0,0130
<i>Ceratophyllum demersum</i> и <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> и <i>Lemna minor</i>	—	—	3,85	<b>0,004</b>	—*	—*

Примечание: \* – нет данных.

Полученные данные говорят о том, что в случае многокомпонентных комплексов остаточная концентрация металла схожа по значению с таковой в однокомпонентном комплексе роголистника – одного из лидеров по сорбционной способности в отношении тяжелых металлов. Этот факт имеет важное значение, так как комплекс макрофитов, состоящий из разных видов растений, но с обязательным присутствием погруженных видов, будет обладать схожей или более высокой сорбционной активностью, как и такой же по массе комплекс из только одного вида погруженного макрофита.

**Выводы.** В камеральных работах по индивидуальной аккумулярующей способности водных макрофитов исследованы моно- и двувидовые поглощительные комплексы.

В качестве сорбентов тяжелых металлов рекомендовано использовать *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Batrachium*, а также комплексы этих видов с плейстофитами *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, в результате чего достигается увеличение поглощительной способности и максимум сорбции в первые – девятые сутки экспозиции растений. На 10-12 сутки в большинстве случаев начинается процесс сорбции металлов обратно в раствор, поэтому данные сроки необходимо учитывать при построении технологического цикла очистки вод.

Поглощение водными макрофитами различных химических элементов, в том числе и металлов, способствует очищению природных вод. Водные растения не только поглощают металлы в концентрациях, превышающих ПДК, но при этом не теряют жизнеспособность на момент сорбции и аккумуляции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Boyle, R.W. Geochemistry of nickel. In: Effects of nickel in the Canadian environment, Ottawa // National Research Council of Canada, 1981. Publication №. NRCC 18568. P.31-44.
2. Буховец Т.Н. Эколого-флористическая характеристика водной растительности бассейнов рек Ипути и Десны (в пределах Брянской области): Дис. ... канд. биол. наук. Брянск, 2010. 262 с.
3. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 270 с.
4. Марченко З., Бальцежак М. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. 712 с.
5. Оспанова Ж.Х., Хантурин М.Р. Фиторемедиация нефтезагрязненной сточной воды// Вестник ОГУ № 12. 2010. С. 74-77.
6. Петракова Е.А., Анищенко Л.Н., Белов С.П. Накопительная и фиторемедиационная возможность водных растений по отношению к ионам меди // Вода: химия и экология. 2014. № 6 (июнь). С. 45-49.
7. Субботина Ю.М. Альтернативный опыт использования высшей водной растительности для доочистки сточных вод// Наука и Мир. №3. 2014. С. 99-105.
8. Чан Х.К. Использование водных макрофитов в очищении воды от тяжелых металлов: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2012. 24 с.

#### REFERENCES

1. Boyle, R.W. Geochemistry of nickel. In: Effects of nickel in the Canadian environment, Ottawa // National Research Council of Canada, 1981. Publication №. NRCC 18568. P. 31-44.
2. Buhovets, T.N. Ecological and floristic characterization of aquatic vegetation river basins Iput and gums (within the Bryansk region): Dis. cand. biol. sc. Bryansk, 2010. 262 p.
3. Linnik, P.N., Nabivanets, B.I. Migration forms of metals in fresh surface waters. L. : Gidrometeoizdat 1986. 270 p.
4. Marchenko, Z., Balcerzak, M. By spectrophotometry in the UV and visible regions in inorganic analysis M. : Bean. Knowledge Laboratory, 2007. 712 p.
5. Ospanova, Zh.Kh., Khanturin, M.R. Phytoremediation oily wastewater // Herald of OSU № 12. 2010. P. 74-77.
6. Petrakova, E.A., Anischenko, L.N., Belov, S.P. Funded and phytoremediation opportunity aquatic plants in relation to copper ions // Water: chemistry and ecology. 2014. № 6 (June). P. 45-49.
7. Subbotina, Yu.M. Alternative experience of using higher aquatic plants for purification of waste water // Science and World. No. 3. 2014. P. 99-105.
8. Chan, H. K. The use of aquatic weeds in water purification from heavy metals: Abstr. dis. cand. biol. sc. Astrakhan, 2012. 24 p.

#### Bioconversion of heavy metals in phytoremediation technologies post-treatment and purification of waste water

**E.A. Petrakov, L.N. Anischenko**

**Abstract.** In laboratory conditions studied absorption capacity in relation to the heavy metal cations 11 species of macrophytes four environmental groups, which studied the residual concentration of metal ions after the exposure of plants in a solution. For phytoremediation activities wastewater proposed species *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, for the construction of polyspecific bioplato of macrophytes recommended bicomponent absorption of *Ceratophyllum demersum* and *Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum* and *Hydrocharis morsus-ranae*, in the exposure of plants in the water not more than 12 (15) days.

**Keywords:** macrophytes, heavy metals, sewage, copper, nickel, zinc, lead, phytoremediation

## Оценка экологической эффективности территориальной системы техногенной безопасности

В. М. Попов<sup>1\*</sup>, О.В. Миргород<sup>1</sup>, Н.С. Цапко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков, Украина

<sup>2</sup>Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, г. Харьков, Украина

\*Corresponding author. E-mail: igorchub1959@gmail.com

Paper received 12.11.15; Revised 23.11.15; Accepted for publication 27.11.15.

**Аннотация.** Проведен анализ показателя экологической эффективности территориальной системы техногенной безопасности в контексте решения динамической многокритериальной задачи определения оптимального состава системы. Проведена декомпозиция оптимизационной задачи в соответствии с режимами функционирования территориальной системы техногенной безопасности – повседневный и режим чрезвычайной ситуации, что позволяет упростить как вид целевого функционала, так и систему ограничений задачи.

**Ключевые слова.** Экологическая эффективность, система техногенной безопасности, многокритериальная оптимизация, загрязнение окружающей среды, устойчивость системы

**Введение.** Категория техногенной безопасности характеризует состояние защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера [1]. Функции обеспечения техногенной безопасности в Украине возложены на Государственную службу Украины по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС Украины), структура которой представляет собой иерархически упорядоченное множество функциональных и территориальных подсистем и их звеньев.

Проблема обеспечения приемлемого уровня техногенной безопасности территорий требует учета большого количества факторов объективного и субъективного характера, среди которых техническое состояние оборудования (основных фондов) потенциально опасных объектов (ПОО), нарушения технологической дисциплины, отказы и неработоспособность технических средств автоматических систем безопасности ПОО, ограниченность ресурсной базы ГСЧС Украины. При этом важно принимать во внимание характер техногенных угроз, часть из которых носит национальный характер (например, состояние техногенной безопасности на транспорте, на водных объектах или пожарная безопасность), а часть имеет место для определенных территорий Украины. Так, для Харьковской области Украины наиболее актуальными видами техногенных угроз наряду с пожаро и взрывоопасностью являются: химическая опасность – область входит в тройку территорий – лидеров по размещению химически опасных объектов в целом по стране, а также состояние инженерной инфраструктуры территории [2].

С учетом вышесказанного, уровень  $\mathfrak{Z}_{\text{ТСТБ}}$  техногенной безопасности территории является функционалом вида  $\mathfrak{Z}_{\text{ТСТБ}} = \mathfrak{Z}(\mathfrak{R}(t), P, \omega(t))$ , где  $\mathfrak{R}$  – многомерная динамическая оценка технического состояния множества ПОО, размещенных на территории,  $P$  – множество функциональных свойств ТСТБ [3],  $\omega(t)$  – природно-географические и экономические особенности региона, причем последние формируются под влиянием внешней среды – системы более высокого уровня иерархии.

Таким образом, повышение эффективности как систем техногенной безопасности ПОО, так и системы техногенной безопасности территории в целом оказывает непосредственное влияние на уровень защиты здоровья и жизни населения и окружающей среды. Одним из условий является соответствие междуна-

родным стандартам качества в данном виде деятельности, в частности, наличие комплекса инвестиционных альтернатив (на объектовом и региональном уровнях) и сценариев развития внешней среды, а также формальных средств оценки эффективности территориальной системы гражданской защиты как целенаправленной системы [4].

**Целью** данной статьи является построение показателя экологической эффективности деятельности ТСТБ как подсистемы территориальной социально-экономической системы с учетом ее состава и структуры.

**Анализ предыдущих исследований.** Задачи оценки эффективности деятельности ТСТБ различных уровней – государственного, регионального, объектового – рассматриваются многими отечественными и зарубежными авторами [5-11]. Традиционная система оценки [2] носит констатирующий характер, опираясь на отчетные данные о количестве чрезвычайных ситуаций (ЧС), аварий и событий техногенного и природного характера, о величине прямого ущерба и количестве пострадавших.

Такой подход не дает возможности оценить эффективность деятельности подсистем ТСТБ в различных режимах ее функционирования в контексте характеристик региональной социально-экономической системы, динамики изменения ее состояния, в том числе состояния ресурсного потенциала собственно ТСТБ.

Техногенная ситуация продуцируется социально-экономической региональной системой, при этом, как показывает анализ [2], основной причиной техногенных аварий и катастроф наряду с человеческим фактором, является состояние основных фондов мегаполиса.

Теоретические и методические аспекты эффективности деятельности ТСТБ как сложной организационно-технической системы рассмотрены в работах [3,4,6].

В работе [5] предлагается количественная оценка эффективности комплекса средств подсистемы профилактики системы обеспечения пожарной безопасности (СОПБ) в виде интегрального критерия, позволяющего также оценить общий уровень пожарной опасности ПОО.

В работе [9] построена и реализована математическая модель оценки размеров зоны загрязнения продуктами горения возможного пожара в зависимости природно-географических особенностей территории:

рельефа территории и преобладающего направления ветра.

В статье [12] рассмотрена трехэтапная технология анализа устойчивости инженерной инфраструктуры города при наличии различных видов случайных отказов, а также с учетом вероятностного влияния такого вида природной катастрофы как ураган.

В монографии [13] обобщен опыт американских специалистов в области оценки эффективности систем безопасности различных объектов. Рассматриваются такие методы оценки эффективности систем безопасности и риска их функционирования, как метод деревьев отказов (FTA); метод деревьев событий (ETA); метод анализа опасности и работоспособности (HAZOR); метод проверочного листа (Check-list); топологические методы; GO – технологии и другие.

В работе [14] для решения задач оценки эффективности систем безопасности предлагается использовать логико-вероятностное моделирование.

В этих и других работах достаточно полно разработаны несколько частных критериев, позволяющих так или иначе оценить экономическую эффективность функционирования различных систем техногенной, в том числе и пожарной, безопасности.

С показателями, характеризующими экономическую эффективность систем безопасности, тесно связана проблема их оптимизации по критерию „эффективность-стоимость“. В общей форме задача синтеза сложных систем, оптимальных по указанному критерию, изложена в [15]. При формировании обобщенного показателя, отражающего эффективность функционирования системы в целом часто используют аддитивный и мультипликативный виды свертки.

В статье [6] рассмотрены два аспекта понятия эффективности региональной системы техногенной безопасности – абсолютная эффективность как степень соответствия параметров ТСТБ требованиям территориальной социально-экономической системы и относительная эффективность как средство повышения текущего уровня развития территории. В соответствии с этим предложены две постановки многокритериальных оптимизационных задач повышения эффективности системы. Выделены и формализованы частные критерии эффективности функционирования региональной системы техногенной безопасности, включающие критерии экономической, бюджетной, социальной, экологической эффективности, а также критерий инвестиционной привлекательности.

В настоящей работе предлагается развитие методологической базы инструментальных средств моделирования состава ТСТБ с целью оценки экологической эффективности системы.

#### Изложение основного материала.

ТСТБ как сложная целенаправленная организационно-техническая система направлена на предоставление предприятиям и населению региона определенного набора уникальных услуг (предоставляемых только государством и подлежащих лицензированию), которые характеризуются следующими свойствами:

- 1) необходимость работы в нескольких режимах – повседневного (максимум услуг) и режима ЧС (минимум убытков);
- 2) смешанный характер финансирования на регио-

нальном и объектовом уровнях (предприятия могут отнести затраты на себестоимость продукции);

- 3) зависимость характера услуги от состояния основных фондов и вида деятельности ПОО, а также от состояния инженерной инфраструктуры;
- 4) вероятностный характер момента наступления предоставления услуги в режиме ЧС.

В соответствии с первым свойством некоторый вариант состава элементов ТСТБ может быть определен вектором

$$s = \{s_1^{повс}, s_2^{повс}, \dots, s_k^{повс}, s_{k+1}^{уч}, \dots, s_K^{уч}\} = s^{повс} * s^{уч} = s^{повс} \& s^{уч},$$

& – операция конкатенации.

Смешанный характер функционирования ТСТБ вызывает необходимость учета возможности использования одного и того же элемента в повседневном режиме и режиме ЧС. Выделим множество  $s^{повс \cap уч}$  таких элементов следующим образом

$$s = \{s_1^{повс}, s_2^{повс}, \dots, s_u^{повс}, s_{u+1}^{повс \cap уч}, \dots, s_k^{повс \cap уч}, \dots, s_{u+U}^{повс \cap уч}, s_{U+1}^{уч}, \dots, s_K^{уч}\} = s^{повс} * s^{уч}$$

Компоненты вектора  $s$  заданы на структуре  $W^{ТСТБ} = (M^{ТСТБ} \times R^{ТСТБ})$ , где  $M^{ТСТБ}$  – упорядоченное в соответствии с индексацией независимых переменных  $s_k$  дискретное множество всех возможных элементов системы,  $card(M^{ТСТБ})=K$ , на котором задано множество отношений  $R^{ТСТБ}$  [4,5].

**Замечание 1.** Принимая во внимание сложившуюся практику функционирования ГСЧС Украины, положим в качестве основы дальнейшего исследования, что решение проблемы повышения эффективности действующей ТСТБ осуществляется в рамках проведения целевых государственных программ. При этом обозначим через  $t_{п}$  проектную оценку времени выполнения программы.

Анализ актуальных программ развития ТСТБ показывает, что  $t_{п}$  может меняться системой более высокого уровня иерархии (заказчиком программы) причем без согласования с непосредственными исполнителями, что является характеристикой турбулентности внешней среды программы. Поэтому положим  $t_{п} \in \omega$ .

Используя рассмотренную в [6] постановку многокритериальной оптимизационной задачи повышения эффективности ТСТБ, в рамках которой было выделено множество частных критериев экономической эффективности  $E_p(s, t, \omega)$ , бюджетной эффективности  $E_b(s, t, \omega)$ , экологической эффективности  $E_e(s, t, \omega)$ , социальной эффективности  $E_s(s, t, \omega)$ , а также критерия инвестиционной привлекательности  $E_{ин}(s, t, \omega)$ , для формирования вида функционала качества применим принцип главного критерия [3].

Выделим здесь в качестве главного критерия частных критерий  $E_e(s, t_{п})$  экологической эффективности ТСТБ. Остальные частные критерии формируют ограничения задачи.

Под экологической эффективностью РСТБ понимают минимизацию негативного влияния системы ПОО на природную среду и население территории. Экологическое благополучие региона – один из важнейших показателей качества жизни населения данной территории, непосредственно связанный с уровнем техногенной безопасности.

Будем далее считать обозначения частных критериев  $E_{(\bullet)}(s, t, \varpi)$  и  $E_{(\bullet)}$  эквивалентными, где  $(\bullet)$  определяет тип критерия.

В общем виде частные критерии экологической составляющей  $E_s$  могут быть представлены как

$$E_s \in \{ E_s^{\Pi}, E_s^{\Phi}, E_s^B \} = \{ (E_{s1}^{\Pi}, E_{s2}^{\Pi}, \dots, E_{m_{11}}^{\Pi}), (E_{s1}^{\Phi}, \dots, E_{s4}^{\Phi}), (E_{s1}^B, E_{s2}^B, E_{s3}^B) \}, \quad (1)$$

где вектор  $E_s^{\Pi} = (E_{s1}^{\Pi}, E_{s2}^{\Pi}, \dots, E_{m_{11}}^{\Pi})$  характеризует уровень токсичных примесей в атмосфере, причем компоненты  $E_{s1}^{\Pi}, E_{s2}^{\Pi}, E_{s3}^{\Pi}, \dots, E_{m_{11}}^{\Pi}$  – определяют уровень CO, SO<sub>2</sub>, NO и т.п.;

вектор  $E_s^{\Phi} = (E_{s1}^{\Phi}, \dots, E_{s4}^{\Phi})$  характеризует уровень различных типов физического загрязнения:  $E_{s1}^{\Phi}$  – шумового загрязнения,  $E_{s2}^{\Phi}$  – тепловое загрязнение,  $E_{s3}^{\Phi}$  – световое загрязнения,  $E_{s4}^{\Phi}$  – радиационное загрязнение;

вектор  $E_s^B \in (E_{s1}^B, E_{s2}^B, E_{s3}^B)$  задает уровень различных типов биологического загрязнения.

**Замечание 2.** Критерий (1) имеет иерархическую структуру.

**Замечание 3.** В контексте решения более общей задачи оптимизации уровня  $\mathfrak{Z}_{\text{ТСТБ}}$  техногенной безопасности территории экологическая составляющая  $E_s$  является дестимулятором, т.е. рост значения критериев ведет к уменьшению уровня  $\mathfrak{Z}_{\text{ТСТБ}}$ .

**Замечание 4.** Обозначим множество основных типов техногенной опасности, характерных для некоторой территории через  $R^{\text{Realm}} = \{r_1^{\text{realm}}, \dots, r_M^{\text{realm}}\}$ .

Для каждого компонента  $s_k$  введем вектор  $\bar{\Omega}_k = (e_{1k}, e_{2k}, \dots, e_{Mk})$ , определяющий степень эффективности влияния компонента  $s_k$  на дискретное множество  $R^{\text{Realm}}$ . Например, это может быть вектор оценок влияния элементов  $s_k$  на время реакции ТСТБ в целом как в повседневном режиме, так и в случае ЧС.

Отметим, что критерии  $E_p(s,t)$ ,  $E_b(s,t)$ ,  $E_c(s,t)$ ,  $E_{un}(s,t)$  эффективности ТСТБ в свою очередь также являются векторными. Для каждого частного критерия указанных множеств формируется вектор  $E_p^{\text{lim}} (E_b^{\text{lim}}, E_c^{\text{lim}}, E_{un}^{\text{lim}})$  предельных (маржинальных) значений, которые определены бюджетом (и возможностями предприятий) и ограничивают текущие значения критериев. При формировании ограничений необходимо учитывать, что часть частых критериев может быть отнесена к классу так называемых «стимуляторов», т.е. подчиняться ограничению вида «...  $\geq E_{\bullet}^{\text{lim}}$ », а другая часть – к классу «дестимуляторов», т.е. формировать ограничение вида «...  $\leq E_{\bullet}^{\text{lim}}$ ».

В таком случае необходимо предусмотреть процедуру приведения ограничений к единому виду, например к виду «...  $\leq E_{\bullet}^{\text{lim}}$ ».

Тогда задача определения структуры и состава ТСТБ, доставляющих оптимальное значение критерию экологической эффективности функционирования ТСТБ имеет вид:

$$(s^*, t) = \arg \underset{s \in G \subset W}{\text{extr}} \Delta E_s(\mathfrak{R}, \Omega, s, t, \varpi), \quad (2)$$

где дискретное множество  $\bar{G}$  допустимых решений формируется системой

$$\begin{cases} E_{\mu}(s, t, \varpi) \leq E_{\mu}^{\text{lim}}, \\ E_{\eta}(\mathfrak{R}, s, t, \varpi) \leq E_{\eta}^{\text{lim}}, \mu \in \{ " \sigma ", " p " \}, \eta = \{ " c ", " un " \}, \\ s_k^{\lambda} \in \{ 0, 1 \}, k = 1, 2, \dots, K, \end{cases} \quad (3)$$

$\lambda$  – режим функционирования элементов ТСТБ.

Очевидно, такое представление значительно увеличит количество ограничений на дискретное множество  $\bar{G}$ . Более того, функции ограничений-неравенств могут быть линейными, нелинейными (например, если используется некоторый удельный показатель, такой как, например, удельные затраты ресурсов в общей структуре затрат на производство той или иной услуги). Поэтому необходимо дальнейшее исследование структуры математической модели с целью построения ее возможной декомпозиции.

Осуществим иерархическую декомпозицию задачи (2-3) на основе использования концепции устойчивости производственной территориальной системы (ПТС), с которой, как показано в [11], тесно связано понятие уровня техногенной безопасности территории  $\mathfrak{Z}_{\text{ТСТБ}}$ .

При системном подходе к обеспечению устойчивости регионального производственного комплекса необходимо учитывать, что функции сопротивления (предотвращения и противостояния) негативным экологическим воздействиям возможной техногенной аварии зависят от режима функционирования ТСТБ.

Следовательно, задачу (2-3) повышения экологической эффективности ТСТБ можно представить в виде двух подзадач в соответствии с двумя режимами функционирования:  $F_{\text{повс}}$  – повседневный режим и  $F_{\text{чс}}$  – режим чрезвычайной ситуации.

**Замечание 5.** В качестве оценки  $\mathfrak{R}(t)$  технического состояния множества ПОО, размещенных на территории можно рассматривать оценку  $S_{\text{ПФ}}(t)$  состояния производственных фондов ПОО.

Оценка  $S_{\text{ПФ}}$ , определяемая, как показано в [11], надежностью производственных фондов ПОО, есть вероятностная функция времени. Положим, что при наличии на предприятии нескольких элементов производственной базы, подлежащих классификации в качестве потенциально опасных объектов, интегральная оценка техногенной опасности принимается равной максимальной оценке возможной техногенной опасности на множестве таких объектов.

Длительность  $t_0$  первого периода функционирования ТСТБ территории в повседневном режиме прямо пропорционально зависит от эффективности  $F_{\text{повс}}$  (профилактика, проведение проектных экспертиз объектов) ТСТБ и оценки  $S_{\text{ПФ}}$  (рис. 1).

На этом этапе уровни  $E_s^{\Pi}, E_s^{\Phi}, E_s^B$  загрязнения природной среды задаются как фоновые величины, не превышающие нормативный уровень соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК):  $E_s^h(t) \leq \text{ПДК}^h, h \in \{ \Pi, \Phi, B \}$ .

Следовательно, в качестве функции цели Этапа 1 можно рассматривать величину  $t_0$  – длительность пе-

риода безотказной работы производственной системы территории.

Длительность  $(t_1(S_{ПФ}, r_i, F_{чс}) - t_0(S_{ПФ}, F_{повс}))$  второго периода (распространение опасности) прямо пропорционально зависит от вида  $r_i$  реализованной опас-

ности и оценки  $S_{ПФ}$ . В то же время длительность распространения опасности  $r_i$  обратно пропорциональна эффективности  $F_{чс}$  выполнения системой техногенной безопасности региона функций режима чрезвычайной ситуации.

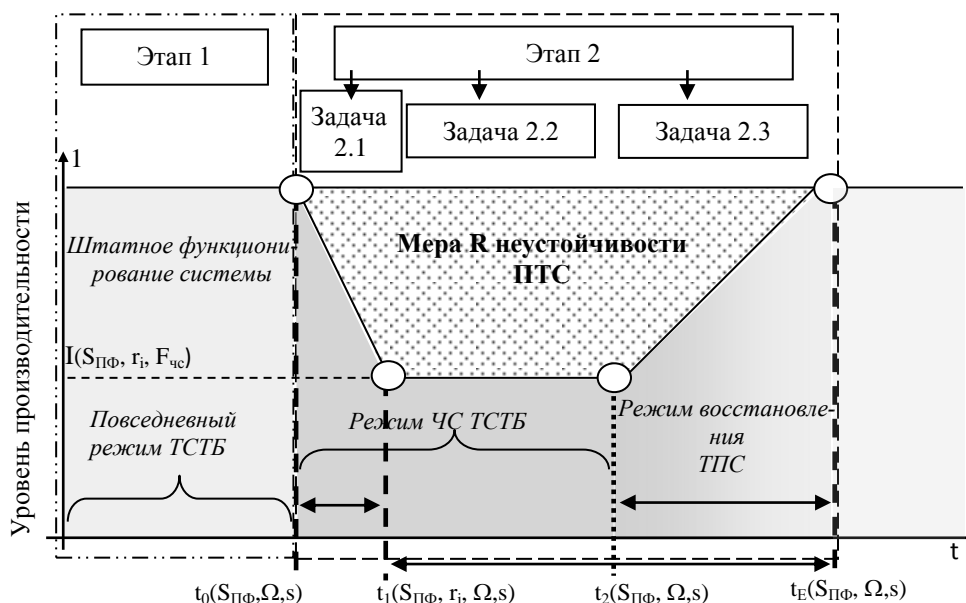


Рис. 1. Декомпозиция задачи (2-3) в соответствии с режимами функционирования ТСТБ

Отметим, что на данном этапе интерес представляет величина  $\sigma = 1 - I(S_{ПФ}, r_i, F_{чс})$ , точнее величина  $(t_1 - t_0)\sigma$ , характеризующая экологический ущерб от аварии.

Длительность  $(t_2 - t_1)$  третьего этапа есть период купирования масштабов и последствий аварии. Другими словами, в данном периоде целью функционирования ТСТБ является прекращение развития аварии. Длительность  $(t_E - t_2)$  четвертого периода соответствует времени восстановления производительности ПТС до предаварийного уровня. Данный период также характеризуется участием сил и средств ТСТБ региона, участвующих в работах по ликвидации в соответствии с регламентом.

Для последних двух периодов критерием экологической эффективности функционирования ТСТБ также можно положить время  $(t_2 - t_1)$   $\{(t_E - t_2)\}$ . Отметим, что данные временные интервалы могут быть введены в рассмотрение как в абсолютной, так и в относительной форме.

Очевидно, при такой декомпозиции упрощается вид системы ограничений (3).

Рассмотрим, например, критерий  $E_p(s,t)$  экономической эффективности. Используем в качестве базовой результативную модель управления бюджетными средствами. Тогда критерий  $E_p(s,t)$  экономической эффективности содержит два множества частных критериев, используемых в зависимости от режима функционирования РСТБ вида

$$E_p = \{ E_p^{новс}, E_p^{чс} \}, \quad (4)$$

где  $E_p^{новс} \in \{ E_{p1}^{новс}, \dots, E_{pN}^{новс} \}$ ,  $E_p^{чс}$  – конечные множества критериев экономической эффективности в повседневном режиме функционирования ТСТБ и в режиме ЧС соответственно.

Таким образом, при достаточно общих предполо-

жениях задачу (2-3) можно представить в виде декомпозиции следующих подзадач

Этап 1 (Задача 1):

$$(s^*, t) = \arg \max_{s \in G \subset W} t_0(S_{ПФ}, \Omega, s), \quad (5)$$

$$\begin{cases} E_{\sigma_{vp}}(s, t, \varpi) \leq E_{\sigma_{vp}}^{\lim_{новс}}, \\ E_{c_{vun}}(\mathfrak{R}, s, t, \varpi) \leq E_{c_{vun}}^{\lim_{новс}}, \\ E_s^h(t) \leq ПДК^h, h \in \{П, Ф, Б\}, \\ t \leq t_0, \\ s_k \in \{0, 1\}, k = 1, 2, \dots, U. \end{cases} \quad (6)$$

Этап 2 (Задача 2.1):

$$(s^*, t) = \arg \min_{s \in G \subset W} (t_1(S_{ПФ}, \Omega, s) - t_0(S_{ПФ}, \Omega, s))\sigma, \quad (7)$$

$$\begin{cases} E_{\sigma_{vp}}(s, t, \varpi) \leq E_{\sigma_{vp}}^{\lim_{чс}}, \\ E_{c_{vun}}(\mathfrak{R}, s, t, \varpi) \leq E_{c_{vun}}^{\lim_{чс}}, \\ s_k \in \{0, 1\}, k = (u + 1), \dots, K. \end{cases} \quad (8)$$

Этап 2 (Задачи 2.3; 2.4):

$$(s^*, t) = \arg \min_{s \in G \subset W} (t_E(S_{ПФ}, \Omega, s) - t_1(S_{ПФ}, \Omega, s)) \quad (9)$$

$$\begin{cases} E_{\sigma}(s, t, \varpi) \leq E_{\sigma}^{\lim_{чс}}, \\ E_p(s, t, \varpi) \leq E_p^{\lim_{чс}}, \\ s_k \in \{0, 1\}, k = (u + 1), 2, \dots, K. \end{cases} \quad (10)$$

Сформулированные задачи (5-6), (7-8), (9-10) являются задачами дискретной (дискретно-непрерывной) стохастической оптимизации в силу дискретности состава СТСБ и множества негативных влияний возможной техногенной аварии на окружающую среду и население территории, и для их решения применяется технология, основанная на использовании метода последовательного анализа вариантов.

**Заключення.** Критерій екологічної ефективності ТСТБ об'єктивно являється одним з основних критеріїв якості діяльності системи. По тому в даній роботі екологічна ефективність ТСТБ розглядається в якості головного критерія, що дозволило здійснити формалізацію взаємозв'язку між рівнем техногенної безпеки території і відповідно категорією екологічної ефективності.

Многомерність і многокритеріальність дискретної задачі оптимізації параметрів ТСТБ обумовлює необхідність здійснення декомпозиції задачі, що проведено в роботі в відповідності з режимами функціонування ТСТБ. В результаті для кожної часткової задачі упрощається як вид цільової функції (в якості функції цілі розглядається час реакції системи), так і система обмежень задачі.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України / Урядовий кур'єр від 29.11.2012 — № 220.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році / URL: [http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND\\_2014.pdf](http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf)
3. Попов В.М. Модель адаптивної системи техногенної безпеки регіону / І.А. Чуб, М.В. Новожилова, В.М. Попов / Системи управління, навігації та зв'язку. – 2013. – вип. 2(26). – С. 156-159.
4. Чуб І.А. Концептуальне представлення системи техногенної безпеки регіону / І.А. Чуб, М.В. Новожилова, В.М. Попов // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2012. – вип. 3(23). – С. 206-209.
5. Чуб І.А. Учет изменения экзогенных характеристик при моделировании оптимальной структуры системы безопасности предприятия на этапе реконструкции / І.А.Чуб, М.П.Федоренко // Проблемы пожарной безопасности. – 2006. – Вып. 20. – С. 249-253.
6. Попов В.М. Показатели эффективности региональной системы техногенной безопасности / В.М. Попов, І.А. Чуб, М.В. Новожилова // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 2(20). – С. 32-41.
7. Порфирьев Б.Н. Совершенствование управления региональной безопасностью в природно-техногенной сфере / Б.Н. Порфирьев // ВИНТИ. Пробл. безоп. при ЧС. – 2004. – № 3. – С. 3-30.
8. Бурков В.Н. Задачи оптимального управления промышленной безопасностью/ В.Н. Бурков, А.Ф. Грищенко, О.С. Кулик // М.: ИПУ РАН. – 2000. – 70 с.
9. Чуб І.А. Формалізація системи обмежень задачі розміщення пожегоопасних об'єктів з урахування рельєфу місцевості / І.А.Чуб // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – 2010 – Вип. 3(54). – С. 122-127.
10. Попов В.М. Оцінка впливів можливої надзвичайної ситуації на етапі формування місії програми розвитку територіальних систем техногенної безпеки / В.М. Попов, І.А. Чуб // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – вип. 25.8. – С. 215-220.
11. Попов В.М. Моделирование состояния устойчивости производственной системы / В.М. Попов // Системи обробки інформації. – 2015. – вип. 3(128). – С.147-151
12. Ouyang, Min. A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems / Min Ouyang L. Duecas-Osorio, Xing Min // Structural Safety, 2012. – N 36–37. – p. 23-31.
13. Гарсия М. Проектирование и оценка систем физической защиты – М.: Мир, 2003. – 369с.
14. Иванов В.С. Оценка эффективности технических решений по обеспечению безопасности промышленных объектов / В.С. Иванов // БДИ. – 2005. – № 4. – С. 22-28.
15. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник І.В. Методи та засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах – Київ: Техніка. – 2003. – 240 с.

#### REFERENCES

1. Codex of Civil Defense of Ukraine / Governmental Courier from 29.11.2012 – № 220.
2. National Report on the Techno and Natural Safety State in Ukraine in 2014 / URL: [http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND\\_2014.pdf](http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf)
3. Popov, V.M. Conceptual vision of region technogenic safety / V.M. Popov, I.A. Chub, M.V. Novozhylova // Systems of control, navigation and communication. – 2012. – Vol. 3(23). – С. 206-209.
4. Popov, V.M. Model of the adaptive system of the region caused safety / V.M. Popov, I.A. Chub, M.V. Novozhylova // Systems of control, navigation and communication. – 2013. – Vol. 2(26). – P. 156-159.
5. Chub, I.A. Accounting for changes in exogenous characteristics for modeling the optimal structure of the security system on a reconstruction phase / I.A. Chub, M.P. Fedorenko // Problems of Fire Safety. – 2006 – Vol. 20. – P. 249-253.
6. Popov, V.M. Performance indicators for a regional technological safety system / V.M. Popov, I.A. Chub, M.V. Novozhylova // Bulletin of the institute for Command Engineers of the Ministry of Emergencies of the Republic of Belarus. – 2014. – № 2 (20). – 3. 32-41.
7. Porfiriev, B.N. Developing the management of regional security in the natural and man-made sphere / B.N. Porfiriev // VINITI. Problems. bezop. at exceedingly. situations. 2004. № 3. P. 3-30.
8. Burkov, V.N. The problem of optimal control of industrial safety / V.N. Burkov, A.F. Grishchenko O. Kulik // M.: IPU RAS. – 2000 – 70p.
9. Chub, I.A. Restriction system formalization for placement problem of fire danger objects depending ground / I.A.Chub // Proceedings of Kharkiv Air Force University. – 2010 – Vol. 3(54). – P. 122-127.
10. Popov, V.M. Evaluation of the impact of any emergency at the stage of formation of the mission of the program of development of territorial systems of technogenic safety. / V.M. Popov, I.A. Chub // Scientific Bulletin of NLTU, Ukraine. – 2015. – Vol. 25.8. – P. 215-220.
11. Popov, V.M. Resiliency state modeling of production system / V.M. Popov // Sistemi obrobki informacii. – 2015. – Vol. 3(128). – P.147-151.
12. Ouyang, Min A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems / Min Ouyang L. Duecas-Osorio, Xing Min // Structural Safety, 2012. – N 36–37. – P. 23-31.
13. Garsia, Mary Lynn. Design and Evaluation of Physical Protection Systems / Mary Lynn Garsia // – М.: Mir, 2003. – 369 p.
14. Ivanov VS Evaluating the effectiveness of technical solutions to ensure the safety of industrial facilities / VS Ivanov // BDI. – 2005. – № 4. – P. 22-28.
15. Petrov, E.G., Novozhylova, M.V., Grebennik, I.V. Methods and tools for decision making in social and economic systems – Kyiv: Technika. – 2003. – 240 p.

#### Environmental efficiency evaluation of a territorial technological safety system

V.M. Popov, O.V. Mirgorod, N.S. Tsapko

**Abstract.** Given is an analysis of environmental efficiency of a territorial technological safety system in the context of solving the dynamic multicriteria problem concerning optimal composition of the system. We consider two technological safety system modes – everyday and state of emergency. Based on the system mode differences we prove the possibility to decompose the optimization problem being considered. Due to such decomposition one can simplify the statements of particular problems.

**Keywords:** Eco-efficiency, technological safety system, multi-criteria optimization, environmental pollution, system stability



## Význam klastrov cestovného ruchu v regionálnom rozvoji

Jozef Mydlár

Prešovská univerzita, Fakulta humanitných a prírodných vied, Katedra geografie a aplikovanej geoinformatiky  
ul. 17. Novembra č.1, 081 16 Prešov, Slovenská republika  
E mail: mydlar117@gmail.com

**Abstrakt.** Klastre cestovného ruchu tvoria komplexný produkt, vedú k inovatívnemu prístupu, podporujú rozvoj regiónu, jeho ekonomickú a sociálnu stabilitu. Prispievajú ku kompletizovaniu regionálneho produktu cestovného ruchu, majú vplyv na inovačné aktivity a rozvoj ľudských zdrojov. Kooperácia malých a stredných podnikov prostredníctvom klastra zvyšuje možnosť efektívnejšie dosiahnuť stanovené ciele. Z hľadiska geografickej veľkosti majú všetky klastre Slovenskej republiky mikroregionálny a regionálny charakter. Cieľom tejto práce bolo poukázať na význam klastrov v regionálnom rozvoji a charakterizovať klastre cestovného ruchu na území Slovenskej republiky.

*Kľúčové slová:* *klaster cestovného ruchu, regionálny rozvoj, atraktivita, subjekt, prínos*

### Úvod

Medzi jednotlivými európskymi regiónmi a štátmi sú stále veľké rozdiely týkajúce sa konkurencieschopnosti, úrovne infraštruktúry, kultúry a pod. V posledných rokoch rastie popularita klastrov a vznikajú stále nové klastrové iniciatívy, ktoré sa stávajú súčasťou národných a regionálnych ekonomických programov. Klastre sa v súčasnosti považujú za významný faktor, ktorý zvyšuje atraktivnosť a prosperitu regiónov. Projekty na rozvoj klastrov sa môžu vytvárať tak na báze regionálnej, nadregionálnej ako aj cezhraničnej spolupráce. Klastre cestovného ruchu ovplyvňujú ekonomické, sociálne a kultúrne prostredie v regióne. Pomáhajú zachovať prírodné, kultúrne dedičstvo regiónu a napomáhajú koordinovanému trvalo udržateľnému rozvoju regiónu. Hlavným cieľom tejto práce je poukázať na význam klastrov v regionálnom rozvoji. Parciálnym cieľom je charakterizovať klastre cestovného ruchu na území Slovenskej republiky z hľadiska legislatívy, členskej základne, fungovania a vplyvu na rozvoj daného regiónu.

### Teoretické východiská

Klaster (ang. *cluster*, zhuk) sa začal v ekonomickej teórii používať v spojitosti so zvyšovaním konkurencieschopnosti regiónov, s koncepciami lokálneho a regionálneho rozvoja a aktivitami zameranými na odstraňovanie regionálnej diferenciacie [1].

Tento termín sa objavil v priemyselne vyspelých ekonomikách, charakterizujúci kooperatívne skupiny spoločností, ktoré sa špecializujú a ich činnosť je založená na spolupráci s vedecko-výskumnými inštitúciami a samosprávami [2].

OECD [3] definuje klastre ako siete vzájomne závislých firiem, inštitúcií produkujúcich znalosti, premostujúcich inštitúcie a zákazníkov prepojených do výrobného reťazca, ktorý vytvára pridanú hodnotu. Koncept klastrov je viac než tradičná spolupráca firiem, pretože zahŕňa všetky formy zdieľania a výmeny informácií.

Za jedného z hlavných predstaviteľov a propagátorov klastrov je považovaný profesor Porter, ktorý upozorňuje najmä na možnosti rozvoja klastrov v menších regiónoch [4].

Porter [5,6] definuje klaster ako geograficky blízke zoskupenie vzájomne previazaných firiem, špecializova-

ných dodávateľov, poskytovateľov služieb a súvisiacich inštitúcií v konkrétnom odbore a taktiež firiem v príbuzných odboroch, ktoré spolu súťažia a spolupracujú, majú spoločné znaky a taktiež sa dopĺňajú za účelom zvýšenia celkovej konkurencieschopnosti, ziskovosti a postavenia na trhu. Neskôr definíciu rozšíril a uvádza, že klastre sú miestne koncentrácie vzájomne prepojených firiem a inštitúcií v konkrétnom odbore. Mnoho klastrov taktiež zahŕňa vládne, či iné inštitúcie – napríklad univerzity, normotvorné agentúry, výskumné tímy a obchodné asociácie poskytujúce špecializované školenia, vzdelávanie, informácie, výskum a technickú podporu.

Podľa klasického prístupu sú klastre charakterizované ako základné jednotky regiónu alebo miestneho územia. Tento prístup je statický a technologický rozvoj v regióne je odvodený od externých faktorov. Podľa novších prístupov klastre sa rozvíjajú na základe rastu pomocou vlastných zdrojov, osobitne miestnych ľudských zdrojov. Miestne územie nie je reprezentované len zdrojmi pre externých investorov, ale najmä ako lokálny trh, ktorý sa rozvíja pre potreby miestnych obyvateľov [7].

Väčšina definícií klastrov má však na mysli priemyselné klastre, ktoré sa líšia od klastrov cestovného ruchu v dvoch oblastiach. V priemysle, hlavným cieľom je vytvoriť určitý výrobok. V oblasti cestovného ruchu je ponuka komplexná a skladá sa z mnohých rôznych produktov, ktoré môžu existovať na trhu. Účinok klastra je posilniť súčinnosť vedúcu k väčšej atraktivite regiónu [8].

Podľa Gavlákovej [1] sú klastre potenciálnym nástrojom zvyšovania regionálnej hodnoty, pretože využívajú kombináciu poznatkov, zručností a schopností viacerých subjektov.

Rozvoj klastra cestovného ruchu ovplyvňuje rozvoj ostatných odvetví v regióne, vplýva na sociálny, kultúrny a ekologický život regiónu. Klastre cestovného ruchu sa nemôžu vytvárať všade. Ak sa má klaster stať aj faktorom regionálneho rozvoja, musí sa vytvoriť v regióne s vhodnou primárnou ponukou, kde sú prírodné a kultúrne atraktivity vyvolávajúce návštevnosť [9].

Na miestach s najatraktívnejšou primárnou ponukou je cestovný ruch a s ním aj klastre cestovného ruchu predmetom ekonomického zhodnocovania a nástrojom rozvoja regiónu. Cestovný ruch môže mať v regióne rozličné postavenie. Ak je cestovný ruch v regióne ur-

čujúcim faktorom rozvoja, potom sa v ňom prostredníctvom klastra rozvíja komplexná ekonomická špecializácia. To znamená, že klaster cestovného ruchu svojou činnosťou generuje rozvoj aj ostatných zabezpečujúcich a nadväzných činností, technickú a sociálnu infraštruktúru [10]. Činnosť klastrov cestovného ruchu v hospodársky nerozvinutých oblastiach má za úlohu vyrovnávať ekonomické rozdiely regiónov.

Na základe správne fungujúceho klastra región zvyšuje svoju konkurencieschopnosť a priťahuje nových investorov a návštevníkov. V regióne sa klastrovaním napomáha vytvárať trvalejší vzťah medzi návštevníkom a producentom služieb [11]. Významným prínosom klastrov je, že vytvárajú prostredie vhodné pre inovácie. Preto sú regióny so silnými klastrami považované za inovačných lídrov, pričom globalizácia tieto trendy prehľbuje. Samotný cestovný ruch s komplexným balíkom služieb vytvára obraz celej destinácie. Aj keď by v danej oblasti existovala zaujímavá atrakcia, bez materiálo-technickej základne a doplnkových služieb nebude schopná prilákať návštevníkov a dlhodobo si ich udržať. Tieto problémy pomáhajú riešiť klastre prinášajúce inovatívne myšlienky a začleňovania nových produktov a služieb. Jednotlivé subjekty môžu vďaka spolupráci ponúkať viac zážitkov a služieb. Klastrová značka prináša lepšie povedomie o regióne pomocou cieľeného marketingu. Malým subjektom poskytuje zviditeľnenie na atraktívnejších webových stránkach a odkazoch [12].

Klastre cestovného ruchu tvoria nový komplexný produkt a sú schopné ponúknuť klientom balíky služieb, ktoré sa doteraz neponúkali. Vedú k inovatívnejmu prístupu k podnikaniu, podniky dosahujú i zlepšenie svojho konkurenčného postavenia na trhu, a zároveň prispievajú k zlepšeniu postavenia regiónu. Vďaka existencii klastrovej siete sa teda rozvíja aj región. Klaster cestovného ruchu vplýva aj na sociálny a kultúrny rozvoj regiónu [13,14].

Ketels a Memedovic [15] tvrdia, že klaster podporuje ekonomickú a sociálnu stabilitu regiónu. V regióne na základe spoločných cieľov členov klastra zabezpečí nie len trvalo udržateľný a strategický rozvoj odvetvia, ale zachovávajú sa spoločenské hodnoty a zvýši sa životná úroveň obyvateľstva. Prostredníctvom budovania technickej a sociálnej infraštruktúry, zvyšovania vzdelanosti, rozvoja ľudských zdrojov, poznávania iných kultúr, ochranou prírodného a kultúrneho dedičstva a tradícií, zlepšovaním životného prostredia, spolupatričnosti miestneho obyvateľstva prispieva k celkovému sociálno-kultúrnemu rozvoju regiónu.

Vznik klastra je dlhodobý proces, ktorý je založený podľa Ňachajovej [16] na existencii vhodných podmienok v stredisku, resp. v regióne cestovného ruchu a zahŕňa zvyčajne 2 fázy:

1. mapovanie klastra,
2. založenie a rozvoj klastra.

Medzi hlavné ciele klastrov väčšinou patrí [1]:

- tvorba ideálnych podmienok pre rozvoj aktivít klastrov,
- zvýšenie počtu turistov,
- spoločná marketingová politika,
- tvorba inštitucionalizovaného a personálneho zázemia,
- tvorba a realizácia spoločného balíka služieb,
- spoločné vyjednávanie so subjektmi štátnej správy a samosprávy, s odborními, dodávateľmi a distribútormi,

odbornými a profesijnými združeniami.

Prno [17], Duman [18] za najvýznamnejšie prínosy klastrov považujú:

- dosahovanie úspor a zníženie nákladov,
- zníženie obmedzení najmä menších firiem a zvýšenie špecializácie,
- zvýšenie konkurencieschopnosti,
- zvýšenie rýchlosti prenosu informácií a zavádzanie progresívnych technológií,
- zvyšovanie vplyvu a moci menších firiem,
- umožnenie efektívneho prepojenia a partnerstva,
- tvorba prostredia vhodného pre inovácie,
- podnecovanie vlády k investíciám.

Podľa Gúčika [19] klastre:

- prispievajú ku kompletizovaniu regionálneho produktu cestovného ruchu a zlepšovaniu jeho kvality,
- pomáhajú pri ochrane životného prostredia,
- majú vplyv na inovačné aktivity, rozvoj ľudských zdrojov, hospodársky a sociálny rozvoj regiónu.

V určitých prípadoch môže byť klaster brzdou ďalšieho rozvoja. Negatívne účinky sú spôsobené nekoordinovanou činnosťou, neetickým konaním členov klastra, nedostatočnou flexibilitou, schopnosťou využívať a deliť sa o informácie, preceňovaním atraktivity regiónu. Vysoká špecializácia regiónov prináša tiež riziká zraniteľnosti v prípade trhových výkyvov (tzv. dopytové šoky). Aj napriek tomu je špecializácia možnou cestou na dosiahnutie prosperity regiónov a klastrov.

Členskú základňu klastrov cestovného ruchu [9, 16] tvoria:

- podnikateľské subjekty,
- neziskové organizácie,
- verejnoprávne subjekty,
- školy a výskumné ústavy,
- profesijné a odborné združenia.

### **Klastre cestovného ruchu v Slovenskej republike**

Podpora klastrov sa v mnohých krajinách stáva súčasťou regionálnej politiky. Inovačná stratégia Slovenskej republiky a regionálne inovačné stratégie považujú klastrovanie za významný nástroj trvalo udržateľného rozvoja, zvyšovania konkurencieschopnosti regiónov a inovačného potenciálu. Napriek tomu sa na Slovensku problematike klastrov a klastrových iniciatív venuje málo pozornosti. V poslednom období začali sa zakladať klastrové iniciatívy s výraznou podporou samosprávnych krajov [18]. V slovenskej legislatíve neexistuje pojem klaster, preto klastre cestovného ruchu existujú výlučne ako združenia cestovného ruchu a zároveň sú niektoré členmi oblastnej resp. krajskej organizácie cestovného ruchu. Združenie je neziskovou organizáciou, ktorá neumožňuje členstvo fyzickým osobám. Výsledok hospodárenia je možné použiť v súlade so stanovami [19].

Každá geografická oblasť Slovenskej republiky vykazuje rôzne ekonomické výsledky, zamestnanosť, štruktúru priemyslu, výšku miezd, potenciál cestovného ruchu a iných ukazovateľov. Atraktivita jednotlivých regiónov vytvára dobrý potenciál pre vznik klastrov cestovného ruchu, ktorých počet je v súčasnosti nedostatočný.

**Klaster Liptov** je prvý klaster cestovného ruchu na Slovensku, ktorý vznikol v roku 2008. Združuje subjekty cestovného ruchu so záujmom o aktívny rozvoj cestovného ruchu v regióne Liptov. Zakladajúcimi členmi sú

4 subjekty súkromného sektora z Liptova a tri mestá Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok a Ružomberok. Klaster vystupuje ako Organizácia destinačného manažmentu so strategickým cieľom zvýšenia návštevnosti regiónu Liptov [20].

**Klaster cestovného ruchu – západné Slovensko** (2008) predstavuje koncentrované zoskupenie nezávislých, regionálne prepojených firiem a pridružených inštitúcií s potenciálom zvyšovania ich konkurencieschopnosti. Zakladajúcimi členmi sú Trnavský samosprávny kraj a mesto Galanta. Pridruženými členmi sú mesto Sered', obce Dolná Streda a Šoporňa. Sídlo klastra sa nachádza v meste Trnava. Hlavnou úlohou je vytvorenie podmienok za účelom rozvoja cestovného ruchu na území Trnavského samosprávneho kraja [21].

**Balnea Cluster Dudince** (2008), prvý kúpeľný klaster na Slovensku zahŕňa mesto Dudince a subjekty podnikajúce v cestovnom ruchu na území mesta Dudince [22].

**Klaster Orava** (2009) zaberá územie okresov Dolný Kubín, Námestovo, Tvrdošín. Tvoria ho záujmové združenia právnických osôb v regióne Orava a obec Zuberec [23]. Cieľom klastra je propagovať región Orava a vytvárať nové produkty v cestovnom ruchu.

**Klaster Turiec** (2009) – zahŕňa okresy Martin a Turčianske Teplice. Zakladajúcimi členmi sú subjekty súkromného sektora štyroch lyžiarskych stredísk a dve mestá Martin, Vrútky. Klaster sa snaží ponúknuť Turiec ako turisticky atraktívny región pre domácich a zahraničných návštevníkov. Mesto Vrútky neskôr z klastra vystúpilo

**Klaster pohraničných hradov** (2010) tvoria obce Šiatorská Bukovinka, Slanec, Veľký Kamenec, a tri občianske združenia [24].

**Klaster Smolenice** (2010) je prvý vidiecky klaster na Slovensku. Snahou klastra je združiť podnikateľov v obci Smolenice, ktorí chcú prispieť k rozvoju agroturistiky [25].

**Klaster Horehronie** (2011) predstavuje združenie cestovného ruchu, ktoré založilo mesto Brezno, obce Mýto pod Ďumbierom, Čierny Balog a 5 podnikateľských subjektov. Vznik združenia iniciovalo mesto Brezno inšpirované klastrom Liptov (Klaster Horehronie – Združenie cestovného ruchu 2013).

**Klaster Topoľčany** (2012) tvorí ho mesto Topoľčany a osem vidieckych sídel okresu Topoľčany [24].

**Klaster Košice** vznikol v roku 2010 ako prvý mestský klaster, ktorý má za úlohu rozvíjať cestovný ruch v meste Košice [26].

**Novohradský klaster** bol vidiecky klaster cestovného ruchu, ktorý vznikol na základe projektu realizovaného v roku 2009.

Na území Slovenskej republiky sa začínajú rozvíjať **Klaster cestovného ruchu Branisko-Bachureň** [27] a **Klaster cestovného ruchu Slanské vrchy** [24], ktoré vznikli v roku 2014.

Veľký potenciál Slovenskej republiky v cestovnom ruchu z d'aleka nedosahuje svoje limity. Jedným z dôvodov je priemerný záujem podnikateľov v službách cestovného ruchu a slabá propagácia regiónov. Vznik nových klastrov môže podnietiť poskytovateľov služieb k spolupráci a väčšej propagácii regiónu a tým k premene potenciálu na skutočnosť.

Ciele klastrov cestovného ruchu sa líšia v závislosti od rozhodnutia členov jednotlivých klastrov. Medzi najčastejšie patrí tvorba ideálnych podmienok pre rozvoj aktivít a konkurencieschopnosť slovenských regiónov v cestovnom ruchu. Medzi ďalšie ciele patrí zvýšenie počtu turistov (návštevníkov), spoločná marketingová politika, tvorba efektívnejšieho spoločného balíka služieb, spoločné vyjednávanie so subjektmi štátnej správy a samosprávy. Existujúce klastre cestovného ruchu sa pri svojich aktivitách inšpirujú dlhoročne fungujúcimi rakúskymi a nemeckými modelmi riadenia cestovného ruchu v regiónoch.

Hlavnými iniciátormi a zakladateľmi klastrov cestovného ruchu na území Slovenskej republiky boli prevažne súkromné spoločnosti, samosprávne kraje, mestá a vidiecke sídla. Počet klastrov a ich členov v porovnaní s vyspelými krajinami Európy je nižší a fungovanie menej efektívne. Ich prepojenie s univerzitami a výskumnými centrami je nedostatočné, skoro žiadne. Veľkým problémom pri plnení cieľov a propagácii regiónov je nedostatok finančných prostriedkov. Z hľadiska geografického rozsahu majú všetky klastre mikroregionálny a regionálny charakter.

## Záver

Turbulentný vývoj vo svetovom hospodárstve potvrdzuje, že nevyhnutnou súčasťou napredovania každej národnej ekonomiky a regiónov sa stáva zvyšovanie svojej konkurencieschopnosti a tým aj podporovanie vlastnej životaschopnosti. Slovenská republika má veľa konkurenčných nevýhod, ktoré je potrebné zmierniť alebo odstrániť. Práve k tomu môže pomôcť rozvoj cestovného ruchu, ktorý patrí k najrýchlejšie sa rozrastajúcim odvetviam.

## REFERENCES

1. Gavláková, P. Klaster cestovného ruchu v globálnom prostredí. In Merkúr 2012, Zborník príspevkov z vedeckej konferencie pre doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov, Bratislava: Ekonóm, 2012. 1- 12.
2. Staszewska, J. Klaster perspektywa dla przedsiębiorców na polskim rynku turystycznym. Difin, Warszawa, 2009. 152.
3. OECD. Competitive regional clusters. In: OECD Reviews of Regional Innovation, Paríž, 2007. 350.
4. Porter, M.E. Konkurenční výhoda národů. 1. vyd.. Praha: Victoria Publishing, a.s., 1990. 626.
5. Porter, M.E. 1998. Clusters And The New Economics Of Competition. Harvard Business Review, 1998. 76(6) 75–90.
6. Porter, M.E. Location, Competition and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy, Economic Development Quarterly, 2000. 14(1) 15 – 34.
7. Jamnický, P. 2012 Prínos klastrov k regionálnemu rozvoju / URL: <http://www.akademickyrepozitar.sk/.../prinos-klastrov-k-regionalnemu-rozvoj>
8. Sikora, K. Klastry turystyczne szansa rozwoju mikroregionow. In Journal of Management and Finance, 2012. (1,2) 55-66.
9. Belešová, S. Právne formy klastrov cestovného ruchu v Slovenskej republike. In Ekonomická revue cestovného ruchu. Nitra, 2009. 42(1) 39 – 49.
10. Gúčik, M. et al. Manažment regionálneho cestovného ruchu. 1.vyd. Knižnica cestovného ruchu 11. Banská Bystrica: Slovak Swiss Tourism, 2007. 290.
11. Novelli, M., Schmitz, B., Spencer, T. Networks, clusters and innovation in tourism: A UK experience. In: Tourism management, 2006. 27(6) 1141 – 1152.
12. Buček, M. Klastre a regionálne bariéry podnikania v SR. / URL: <http://www.cers.tuke.sk/cers2007/PDF/Bucek.pdf>

13. Skokan, K.: Konkurenceschopnosť, inovácie a klastry v regionálnom rozvoji. Ostrava: Repronis, 2004. 160.
14. Jemala, M. Strategické podnikateľské aliancie: kvalitatívna analýza špecifických faktorov podnikania v klastrach. Acta Oeconomica Pragensia, 2009. 19(4) 19-32.
15. Ketels, Ch., Memedovic, O. From clusters to cluster-based economic development Int. J. Technological Learning, Innovation and Development, 2008. 1(3) 375 – 392.
16. Ňachajová, A. Analýza kľúčových problémov v oblasti cestovného ruchu v Prešovskom samosprávnom kraji I. In Sociálne a politické analýzy. Košice: FF UPJŠ, 2010. 2(4) 126-172.
17. Prno, I. Klastre – nové nástroje ekonomického rozvoja. In Marketing a obchod: Zborník z medzinárodnej konferencie. – Zvolen : Technická univerzita, 2005. 314-318.
18. Duman, P. Klastre na podporu rozvoja inovácií : analytická štúdia, Bratislava, 2009. / URL: [http://www.siea.sk/materials/files/inovacie/slovenske\\_klastre/Klastre-SIEA.pdf](http://www.siea.sk/materials/files/inovacie/slovenske_klastre/Klastre-SIEA.pdf)
19. Gúčik, M. Cestovný ruch. Úvod do štúdia. Knižnica cestovného ruchu 15. Banská Bystrica: Slovak-Swiss Tourism, 2011. 308 s.
20. Klaster Liptov. [cit. 2009-05-17]. / URL: [http://www.klasterliptov.sk/sk/klaster\\_liptov.php](http://www.klasterliptov.sk/sk/klaster_liptov.php)
21. Klaster cestovného ruchu – západné Slovensko. [cit. 2012-04-11]. / URL: [http://www.trnava.biz/?article=Klaster\\_cestovneho\\_ruchu\\_zapadne\\_Slovensko&h\\_menu=1&menu=6&submenu=0&lng=sk](http://www.trnava.biz/?article=Klaster_cestovneho_ruchu_zapadne_Slovensko&h_menu=1&menu=6&submenu=0&lng=sk)
22. Oblastná organizácia cestovného ruchu Dudince. [cit. 2012-04-11]. / URL: [http://www.kupeledudince.sk/o-spolocnosti/organi\\_zacia-cr-dudince](http://www.kupeledudince.sk/o-spolocnosti/organi_zacia-cr-dudince)
23. Klaster Orava. [cit. 2015-04-26]. / URL: <http://inovacie.regionzilina.sk/inovacie/inovativne-institucie/klaster-orava/>
24. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky, sekcia Verejnej správy. Register záujmových združení právnických osôb. [cit. 2015-10-15. Dostupné na internete: <http://www.ives.sk/register/zoznamzspo.do?action=azX&pa=K&typ=A>
25. Klaster Smolenice. [cit. 2013-04-26]. / URL: <http://www.klaster.smolenice.com/>
26. Klaster Košice. [cit. 2015-10-15]. / URL: <http://www.terraincognita.sk/sk/klaster-cestovneho-ruchu-kosice-turizmus>
27. Klaster Branisko-Bachureň. [cit. 2015-10-15]. / URL: <http://www.braniskobachuren.eu/klaster-cestovneho-ruchu-branisko-bachuren/>

### Importance of clusters of tourist trade in regional development

J. Mydlar

**Abstract.** Clusters of tourist trade make complex product and they lead to innovative admission, they support the development of region, its economic and social stability. They contribute to completization of regional tourist trade, they have impact on innovative activities and on the development of human resources. Cooperation of minor and middle companies through cluster increases possibility to achieve defined aims in more effective way. In light of geographical amount all clusters in the Slovak Republic have microregional and regional character. The aim of this paper was to point at the importance of clusters in regional development as well as to characterize the clusters of tourist trade in the area of the Slovak Republic.

**Keywords:** cluster of tourist trade, regional development, attractiveness, subject, acquisition

## Морфоструктура Костопольской денудационной равнины

А.С. Будько

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка, Киев, Украина  
E-mail: budko.oleksandr@gmail.com

Paper received 19.09.15; Revised 15.09.15; Accepted for publication 06.11.15.

**Аннотация.** В статье раскрыта геоструктурная позиция Костопольской денудационной равнины (КДР) по отношению к морфоструктурам высших порядков. Впервые выделены морфоструктуры IV порядка, дана их детальная характеристика. В частности, описаны границы морфоструктур, показана взаимосвязь рельефа с тектоническим и геологическим строением равнины. Сделаны выводы о роли тех или иных факторов в формировании морфоструктур. Не все границы Костопольской морфоструктуры (КМС) выражены одинаково хорошо. Южная и восточная границы читаются на всех исходных материалах (геологических, тектонических, гипсометрических картах, спутниковых снимках), северная и западная граница проведена по достоверно установленным тектоническим разломам. На территории КМС можно выделить Злазненско-Деражненскую, Сускую, Берестовецко-Базальтовскую, Борщивскую, Зирненскую морфоструктуры IV порядка. Злазненско-Деражненская морфоструктура характеризуется высоким положением меловых отложений и отделена от соседних морфоструктур тектоническим разломом, который проходит по долине р. Горынь. Суская морфоструктура тоже имеет чётко выраженные границы. В некоторых местах Суской морфоструктуры, в частности в долине Горыни, меловые отложения полностью размыты и аллювий залегает непосредственно на вендских образованиях. Берестовецко-Базальтовская морфоструктура соответствует Вольнскому трапповому покрову, который имеет северо-восточное простирание. Морфоструктура хорошо отображена в рельефе пологими возвышениями, сложенными вулканическими породами – базальтами и туфами. Южная граница Борщивской морфоструктуры хорошо выражена и фиксируется базальтовыми возвышениями. На западе эта морфоструктура граничит со Злазненско-Деражненской морфоструктурой по тектонически предопределённой долине Горыни. Северная и восточная границы проводятся по линии появления в разрезах отложений палеогена. В границах Зирненской морфоструктуры роль туронских отложений в формировании рельефа уменьшается. Мощности антропогенных отложений возрастает, значительные площади занимают мелиорированные болотные массивы. Ведмедевская морфоструктура характеризуется наличием денудационных меловых повышений, абсолютные отметки которых достигают значений 200-205 м. Хорошо читается восточная граница морфоструктуры, выраженная выходами на поверхность кристаллических пород щита.

**Ключевые слова:** морфоструктура, равнина, Полесье, Украинский щит, Вольно-Подольская плита, тектонический разлом

**Введение.** Схема строения современной поверхности территории Полесья является результатом сложного и длительного процесса взаимодействия внутренних и внешних сил Земли, интенсивность и направленность которых неоднократно изменялись. Согласно геоморфологическому районированию А.М. Маринича (1963), район Костопольской денудационной равнины входит в область Вольнского Полесья, которая, в свою очередь, есть частью геоморфологической подпровинции Южного Полесья. Морфоструктуры Костопольской денудационной равнины (далее – КДР) приобрели современный вид на протяжении неотектонического этапа развития в условиях дифференцированных тектонических движений и преобладания денудации над аккумуляцией. Главной тектонической структурой, которая влияет на рельеф КДР, есть Украинский щит (УЩ). КДР размещена на его западном склоне – Вольно-Подольской плите.

**Краткий обзор публикаций по теме.** В 1992 году В.П. Палиенко [12] опубликовала морфоструктурное районирование территории Украины за неотектонической активностью, согласно которому УЩ и Вольно-Подольская плита являются морфоструктурами I порядка (геотектурами III порядка). КДР, как морфоструктура III порядка, отнесена В.П. Палиенко [12] к Вольно-Полесской морфоструктуре II порядка. Суммарные амплитуды неоген-антропогенных поднятий Костопольской МС составляют 200-230 м.

Согласно карты современных тектонических движений земной коры Национального Атласа Украины [9] территория КДР принадлежит к районам проявления знакопеременных (колебательных) движений. На 1972 г. зафиксировано поднятие со скоростью 2-3 мм в год. В 1986 году в результате исследований для зоны перехода плита-щит в пределах КДР получили показатель опускания 2-3 мм.

По морфоструктурными признакам И.М. Рослый и другие [3] относят КДР к Вольнскому палеозойскому блоковому поднятию. Согласно модели мезокайнозойского структурного плана северной и центральной части Вольно-Подолья [3] КДР относится к Любешовской северо-западной тектонической зоне и Костополь-Сарненскому тектоническому блоку.

Выделение морфоструктур IV порядка на этой территории ещё не проводилось.

**Цель.** Проанализировать морфоструктурное положение Костопольской денудационной равнины. На территории Костопольской морфоструктуры выделить морфоструктуры IV порядка, обосновать их границы.

**Материалы и методы.** Морфоструктурные исследования были осуществлены в несколько этапов, путём постепенного увеличения масштаба исследований. Проведён сравнительный анализ тектонической карты, геологических карт масштаба 1:50000, построенных морфометрических карт, гипсометрических карт современного рельефа и спутниковых снимков. В результате сравнительного анализа выделены однородные структуры со своими границами – морфоструктуры IV порядка.

**Результаты и их обсуждение.** Хорошо выраженными являются южная и восточная границы Костопольской морфоструктуры. С юга КМС ограничивает Владимир-Вольнский глубинный разлом, который проходит в субширотном направлении от долины Западного Буга. Разлом является высокоамплитудным (1500-2000 м) [5, с. 29]. В современном рельефе этот разлом выражен уступом Вольнской лессовой возвышенности и протяжным субширотным отрезком долины р. Горынь. Разлом согласуется с выделенным Бортиком С.Ю. [1] линиamentом первого порядка, хорошо виден и на космических снимках (рис. 1).

Восточная граница связана с выходами на дневную поверхность пород УЩ и проходит западнее населенных пунктов Балашовка, Яцковичи, Губков, через Глыбочок и Большую Клецку.

Западную границу Костопольской МС целесообразно проводить по достоверно установленному глубинному разлому северо-восточного направления [10], что картируется по линии Знамировка – Липно – Мидск – Кричицьск (Знамировский разлом) и приспособленному к долине р. Мельница. Северная граница КМС является наиболее проблематичной. Поверхность верхнемеловых отложений постепенно погружается к северу, залегая около с. Грушовка на глубинах 130-140 м, сравнительно с 190-200 на юге КМС. Предлагается проводить северную границу КМС на пересечении Знамировского тектонического разлома и разлома северо-западного направления, что картируется на восточном обрамлении КМС по линии Балашовка – Витковичи – Тишица – Малушка. Таким образом, северная граница КМС имеет вид треугольника, который сужается к северу.

Кроме упомянутых значительных тектонических разломов, которые ограничивают КМС, в пределах КДР выявлены разломы разных направлений, которые часто пересекаются. Среди них наибольшими достоверно установленными тектоническими разломами глубокого заложения северо-западного направления являются: 1) Липно – Злазно – Малая Любаша – Пустомыты – Липки; 2) Деражное – Дюксин – Оржев; северо-восточного направления: 1) Жобрин – Бечаль – Злазно; 2) Постойное – Деражное – Мочулки; предполагаемые разломы: 1) Волошки – Жильжа – Ставок; 2) Збуж – Подлужное – Костополь – Малая Любаша; 3) Яриновка – Голубное – Малая Совпа; 4) Городище – Березно – Хотын – Вилия и др. Характерной является ориентация большинства достоверно установленных и предполагаемых разломов с северо-запада на юго-восток, то есть согласовано с направлением главных тектонических и орографических элементов.

На территории КМС можно выделить Злазенско-Дераженскую, Сускую, Берестовецко-Базальтовскую, Борщевскую, Зирненскую морфоструктуры IV порядка.

#### *Злазенско-Дераженская морфоструктура*

Злазенско-Дераженская МС занимает левобережье р. Горынь и отделена от Суской, Берестовецко-Базальтовской и Борщевской морфоструктур Горыньским разломом (от с. Жобрин до с. Злазно). В.А. Ентин, О.Б. Гинтов и другие [4] выделяют здесь Стрельскую зону разломов, которая совпадает с Горыньским разломом (рис. 2).

Гипсометрические отметки Злазенско-Дераженской МС достигают значений 200 м. Долина р. Горынь характеризуется на этом отрезке предельными значениями интегрального расчленения. Значительно поднятый Злазенско-Дераженский тектонический блок обеспечил высокое положение верхнемеловых образований, которые залегают здесь на абсолютных высотах 185-190 м. Благодаря разломным нарушениям в долине Горыни, на этом отрезке река открывает разные по возрасту отложения – берестовецкую и розницкую свиты верхнего протерозоя (PR<sub>3</sub>br, PR<sub>3</sub>rz), сенманский и туронский ярусы верхнего мела, палеогеновые и четвертичные образования.

#### *Суская морфоструктура*

Ограничена Владимир-Волыньским разломом с юга, Горыньским разломом с северо-запада и Волыньским трапповым покровом (ВТП) на востоке и северо-востоке. Сравнительно с Злазенско-Дераженской МС, поверхность мела в северо-западной части Суской МС опущена и залегают на высотах 160-175 м. На отрезке от Оржева до Дюксина р. Горынь приспособилась к тектоническому нарушению, по которому мел снижен на 30-40 м. В некоторых местах долины Горыни, в частности вблизи сел Волошки, Александрия меловые отложения полностью размыты и аллювий залегают непосредственно на вендских образованиях [5]. Привлекают внимание денудационные меловые повышения, которые обрамляют снижение в верхнем течении Жильжанки от Любомирки до Дюксина. Изогипсы, проведенные по поверхности меловых отложений здесь местами превышают 200 м. Разница между гипсометрическим положением меловых отложений на северо-западе и юге МС может быть предопределена вероятными субширотными тектоническими нарушениями. Морфоструктура хорошо выделяется на космических снимках.

#### *Берестовецко-Базальтовская морфоструктура*

Морфоструктура приурочена к ВТП, который вытянулся в северо-западном направлении на 125 км от бассейна р. Вовк на Подольской возвышенности до Североукраинской горстовой зоны в долине р. Стырь полосой 18-22 км. ВТП в пределах КДР отвечает Ровенскому тектоническому разлому, по которому в рифейское время происходили излияния на поверхность вулканической лавы [7]. Эти магматические породы обнажаются западнее г. Костополя возле сел Ст. Берестовец, Базальтовое ("Яновая Долина"), Злазно, Степанская Гута, Рутвица, Полица и открыты с помощью карьеров. Представлены они базальтом и туфом. Форма залегания этих пород разная. Некоторые из них являются потоками лавы, часть принадлежит к интрузивным пластовым телам. В разных местах базальтовых покровов четко видно участки распространения столбчатой отдельности, часто на значительном расстоянии вертикальной (рис. 3).

Базальт залегают отдельными небольшими массивами и образует 4-7 (чаще всего 6-ти) гранные призмы в виде столбов видимой высотой до 15-20 м. В начале промышленной добычи базальта столбы достигали высоты 30 м. В местах разработок видно, что на куполообразной поверхности базальта встречаются "бомбы" размером 14-45 см в диаметре. Верхняя часть базальта испытала значительное влияние процессов выветривания.

Костопольский базальт имеет важное геоморфологическое значение. Район развития этих пород приподнят. В отдельных местах базальт образует пологие куполообразные возвышения в виде горбов диаметром несколько сот метров и больше, относительной высотой 20-25 м. Так, в с. Старый Берестовец заметно, что дневная поверхность постепенно повышается в направлении современных карьерных разработок. От с. Иваничи возвышение в рельефе является собой пологий холм, вытянутый с северо-запада на юго-восток в направлении Головин – Каменная Гора [2].





Рис. 1. Владимир-Волынский разлом на спутниковом снимке Landsat, масштаб: в 1 см 10 км

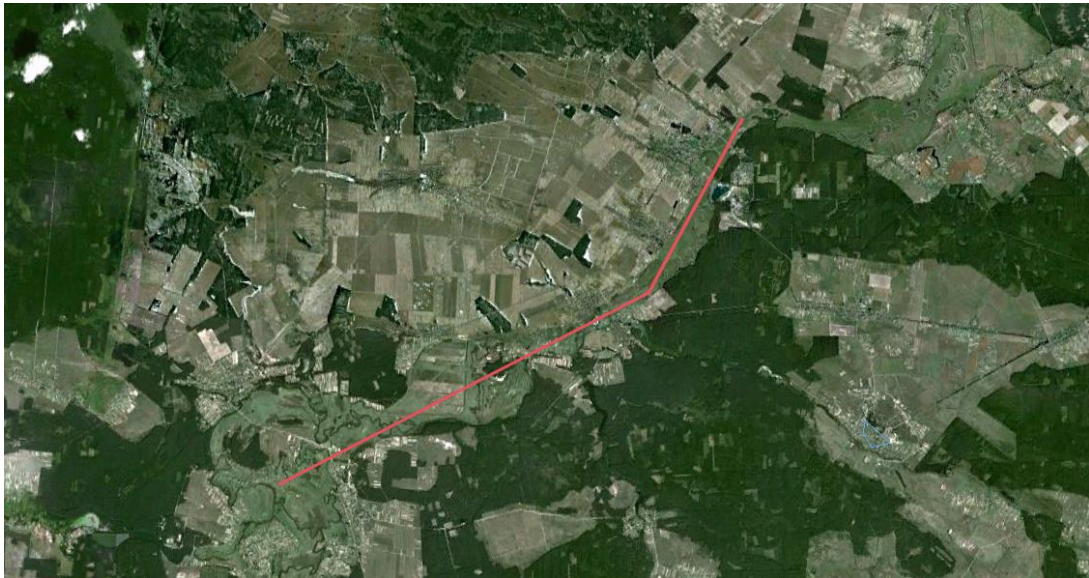


Рис. 2. Горынский разлом на спутниковом снимке Landsat, масштаб в 1 см 2 км



Рис. 3. Столбчатая отдельность базальтов в карьере возле с. Базальтовое (фото автора)



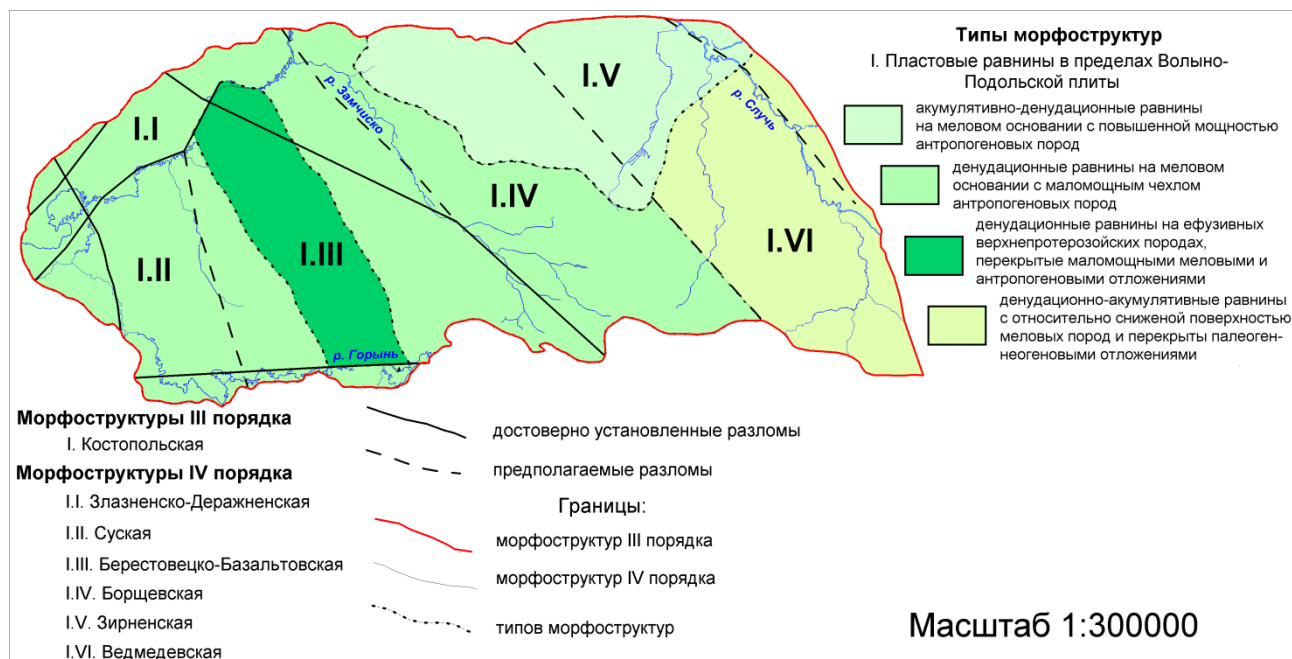


Рис. 4. Картограмма морфоструктур Костопольской денудационной равнины

Возле с. Базальтовое, как и возле с. Старый Берестовец заметно, что поверхность постепенно повышается в направлении выступов базальта. Большие гипсометрические отметки рельефа в местах высокого залегания базальтовых пород связаны, также, с высокой денудационной стойкостью этих вулканических образований. Река Горынь в районе развития базальта делает значительный изгиб на запад, образуя большой меандр и сильно изменяя морфологию долины.

#### Борщевская морфоструктура

Южная граница Борщевской МС хорошо выражена и фиксируется базальтовыми повышениями. На западе Борщевская МС граничит с Злазенско-Деражненской МС по тектонически predetermined долине Горыни. Северная и восточная границы проводятся по линии появления в разрезах отложений палеогена. Субширотными разломами [11] Борщевская МС разделена на две части. Юго-восточная часть характеризуется высоким положением мела и наличием денудационных форм. Под мезозойско-кайнозойские образования по разлому вблизи Малой Любаши выходит однообразная толща полесской серии верхнего протерозоя (кварцевые песчаники, которые в нижней части разреза переслоены алевролитом и аргиллитом). Поверхность КДР вблизи сел Жаянка, Матиевка постепенно сочленяется с Ровенской лессовой возвышенностью. Северо-западная часть МС полого снижается в направлении Горыни, значения вертикального и интегрального расчленения небольшие.

М.О. Мороховский [8] выделяет Кузнецовскую линейную морфоструктуру северо-западного направления, которая проходит по долине р. Замчиско. Однако, наличие тектонического нарушения в нижнем и среднем (г. Костополь) течении Замчиска не подтверждается имеющимся фактическим материалом. На геологических материалах нарушение фиксируется лишь около с. Малая Любаша и может быть связано с достоверно установленным [10] разломом Липно – Злазно – Малая Любаша – Пустомыты – Липки. В

этом месте под четвертичные отложения выходит горбашевская свита верхнего протерозоя.

#### Зирненская морфоструктура

Южная граница Зирненской МС в рельефе выражена слабо. По этой линии в разрезах появляются морские образования палеогена киевского возраста, роль туронских отложений в формировании рельефа уменьшается. Мощность антропогенных отложений возрастает, значительные площади занимают мелиорированные болотные массивы. Восточная граница фиксируется вдоль линии выхода на дневную поверхность пород фундамента. Поверхность МС полого снижается в северном направлении, достигая 175-185 м на водоразделах и 160 м в речных долинах. Зирненская морфоструктура характеризуется незначительным расчленением, отсутствием больших перепадов высот. Крутизна склонов минимальна и редко превышает 3°.

#### Ведмедевская морфоструктура

Восточная граница фиксируется выходами на дневную поверхность горных пород кристаллического фундамента и хорошо выражена в рельефе. Вдоль этой границы под четвертичные образования местами выходят терригенные кремнистые отложения альбского возраста нижнего мела. На юге МС ограничивается Владимир-Волинским разломом. Северная и западная границы морфоструктуры слабо выражены в рельефе. В южной части граница с Борщевской МС проходит по вероятному тектоническому разлому [11]. Для Ведмедевской МС свойственна мозаичность и субширотная ритмичность меловых отложений – небольшие ареалы альбских образований сменяются западнее сеноманскими, а те, в свою очередь, туронскими слоями. Следует отметить наличие денудационных меловых возвышений на юге МС, абсолютные отметки которых достигают значений 200-205 м. Характерным является отсутствие достоверно установленных тектонических нарушений в долине р. Случ; вероятный тектонический разлом картируется по линии Городище – Березно – Хотын – Виляя. Показатели вертикального и интегрального расчленения в



долине Случи, в отличие от долины р. Горынь, повышаются незначительно. Это может свидетельствовать о разной неотектонической активности блоков западной и восточной части КМС и о существовании прогиба в течении верхнемелового и кайнозойского времени в ее "прищитовой" части.

**Выводы.** Поверхность мела КДР неровная и состоит из поднятых и опущенных тектонических блоков. Морфоструктуры, которые отвечают относительно поднятым блокам, характеризуются наличием денудационных массивов на меле, опущенным – заболо-

ченных участков. В рельефе КДР особенно выделяется Берестовецко-Базальтовская морфоструктура, которая отвечает высокому положению части Волынского траппового покрова. Большое влияние на формирование морфоструктуры Костопольской денудационной равнины имеют достоверно установленные тектонические разломы – Владимир-Волынский, Знамировский, Жобрин-Бечаль-Злазно и др. Вместе с тем, некоторые тектонические нарушения (например в нижнем и среднем (г. Костополь) течении Замчиска) не подтверждаются фактическим материалом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бортник С.Ю. Морфоструктури центрального типу території України : просторово-часовий аналіз : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геогр. наук : спец. 11.00.04 "Геоморфологія та палеогеографія" / Бортник Сергій Юрійович ; Інститут географії НАН України. – К., 2002. – 45 с.
2. Будько О. С. Рівненські (Костопільські) базальти та їх рельєфотворче значення // Фізична географія та геоморфологія. – 2006. – Вип. 50. – С. 152-155.
3. Геоморфологія Української ССР / Рослий І.М., Андрияш О.П., Грубрин Ю.Л. и др. ; [под ред. И.М. Рослого]. – К. : Вища школа. – 1990. – 287 с.
4. Геофізична основа тектонічної карти України. Масштаб 1:1000000 / Єнтін В. А., Гінтов О. Б., Дзюба Б. М. та ін. ; ПДРГП "Північгеологія". – К., 2002.
5. Залеський І., Богущкий А. Геологічні особливості доплейстоценового зрізу Волинського Полісся // Гляціал і перигляціал Волинського Полісся : матеріали XIII укр.-польського семінару (Шацьк, 11–15 вересня 2005 р.). – Львів : ВЦ ЛНУ, 2005. – С. 14-37.
6. Коротун І. М. Геологічна будова. Геоморфологія // Природа Ровенської області / за ред. К.І. Геренчука. – Львів : Вища школа, 1976. – 156 с.
7. Мельник В.І., Карп'юк А.М. Янова Долина: історико-краєзнавчий нарис. – Костопіль: Костопільська друкарня, 2011. – 52 с.
8. Мороховский Н. А. Морфоструктурные исследования платформенной части Правобережной Украины (на примере Среднего Приднепровья и Волыно-Подоллии) : дисс. канд. геогр. наук. – К., 1990. – 206 с.
9. Національний атлас України / НАН України ; гол. редкол. Б.С. Патон ; відп. ред. Л.М. Веклич ; наук. ред. П.Ю. Гриценко ; ред. І.О. Європіна [та ін.] ; картографи М.В. Беляк [та ін.] ; літ. ред. О.І. Зуб [та ін.]. – К. : ДНВП "Картографія", 2008. – 440 с.
10. Отчет о результатах работ по глубинному геологическому картированию масштаба 1:200000 и сопутствующим геофизическим исследованиям, проведенным на территории листа М-35-IX (Костополь) в 1975-1977 гг. / Турчинов И.А. – Ровно, 1978. – Фонды Ровенской геологической экспедиции.
11. Отчет о геологической съемке масштаба 1:200000 листа М-35-IX (Костополь) / Стрелкова Н. Е. и др. – К., 1956. – Фонды Ровенской геологической экспедиции.
12. Палиенко В.П. Новейшая геодинамика и ее отражение в рельефе Украины. – К. : Наукова думка, 1992. – 116 с.

#### REFERENCES

1. Bortnyk, S.Yu. Morphostructure of central type of Ukraine territory: spatio-temporal analysis: abstr. dis. Dr. Geogr. Sc. specials. 11.00.04 "Geomorphology and paleogeography". Institute of Geography of NAS of Ukraine. – K., 2002. – 45 p.
2. Budko, O.S. Rivne (Kostopil) basalts and their importance relief // Physical geography and geomorphology. – 2006. – Is. 50. – P. 152-155
3. Geomorphology of the Ukrainian Soviet Socialistic Republic / I.M. Roslyy, O.P. Andriyash, Yu.L. Grubrin et al.; [ed. I.M. Roslyy]. – K. : High school. – 1990. – 287 p.
4. Geophysical basis of tectonic map of Ukraine. Scale 1:1000000 / V.A. Yentyn, O.B. Hintov, B.M. Dzyuba et al. ; PDRHP "Pivnichheolohiya". – K., 2002.
5. Zalesky, I., Bohutsky, A. The geological features of Volyn Polissya pre-pleistocene section // Hlyatsial and peryhlyatsial of Volyn Polissya: materials of XIII Ukrainian-Polish seminar (Shatsk, 11-15 September 2005). – Lviv : PC LNU, 2005. – P. 14-37.
6. Korotun, I.M. The geological structure. Geomorphology // Nature of Rivne region / ed. K.I. Herenchuk. – Lviv : High school, 1976. – 156 p.
7. Melnyk, V.I., Karpyuk, A.M. Yanowa Dolina: Local history essay. – Kostopil: Kostopil printing, 2011. – 52 p.
8. Morokhovskyy, N.A. Morphostructural research of the part of platform of Right-Bank Ukraine (on the example of the Middle Dnieper and the Volyn-Podillya) : dis. cand. geogr. sc. K., 1990. – 206 p.
9. National Atlas of Ukraine / NAS of Ukraine ; chief ed. B.Y. Paton ; resp. ed. L.M. Veklych; sc. ed. P.Yu. Hrytsenko; ed. I.O. Yevropina [et al.]; cartographers M.V. Belyak [et al.]; lit. ed. O.I. Zub [et al.]. – K. : SSPE "Kartohrafiya", 2008. – 440 p.
10. A report of the deep geological mapping (scale of 1: 200,000) and related geophysical studies on the territory of the sheet M-35-IX (Kostopil) in 1975-1977 / I.A. Turchinov – Rovno, 1978. – Funds of Rivne geological expedition.
11. Report of the geological mapping (scale of 1: 200,000) on the territory of the sheet M-35-IX (Kostopil) / N.Y. Strelkova et al. – K., 1956. – Funds of Rivne geological expedition.
12. Paliyenko, V.P. The newest geodynamics and its reflection in the relief of Ukraine. – K. : Naukova dumka, 1992. – 116 p.

#### The morphostructure of Kostopil denudation plain

**O. Budko**

**Abstract.** Geostructural position of Kostopil denudation plain in relation to higher order morphostructures is exposed in the article. Fourth-order morphostructures is first distinguished, their detailed description is given. In particular, the morphostructures borders are described, relief's relation with tectonic and geological structure of a plain is shown. Drawn conclusion about the role of one or another factors in morphostructures forming. Not all borders of Kostopil morphostructure is expressed identically well. On territory of Kostopil morphostructure it is possible to distinguish such morphostructures of IV order: Zlzensko-Derazhnivska, Suska, Berestovetsko-Bazaltivska, Borshchivska, Zirnenska and Vedmedivska. Zlzensko-Derazhnivska morphostructure is characterized by a high position of chalky sedimentations and separated from nearby morphostructures by tectonic break, that passes on a Goryn valley. Berestovetsko-Bazaltivska morphostructure agreed with the Volyn trap cover, which has a north-east direction. This morphostructure is well represented in relief by declivous rises, build by volcanic rocks – basalts and tuffs. Within a bounds of Zirnenska morphostructure role of turonian deposits diminishes in relief forming. The quaternary deposits value is increases, considerable areas occupy by the reclaimed bog arrays. Vedmedivska morphostructure is characterized by the presence of denudation chalky flat humps in the absolute marks of a 200-205 m. The east border of morphostructure is expressed by the crystalline breeds, coming to the Earth surface along the river valley of Sluch.

**Keywords:** morphostructure, plain, Polissya, Ukrainian shield, Volyn-Podillya plate, tectonic fault

## П'ятихвилинні коливання яскравості Сонця

Скульський М.Ю.<sup>1</sup>, Стоділка М.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Скульський Михайло Юліанович, доктор фіз.-мат. наук, професор  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна  
E-mail: misky@polynet.lviv.ua

<sup>2</sup> Стоділка Мирослав Іванович, доктор фізико-математичних наук  
Львівський національний університету імені Івана Франка, м. Львів, Україна  
E-mail: sun@astro.franko.lviv.ua

Paper received 25.11.15; Revised 30.11.15; Accepted for publication 02.12.15.

**Анотація.** У роботі розглядається можлива природа та походження п'ятихвилинних осциляцій яскравості Сонця. За спостереженнями випромінювання Сонця шляхом розв'язку оберненої задачі переносу випромінювання відтворена висотна стратифікація як глобальних, так і локальних коливань температури в фотосфері Сонця. Із фотосферних коливань отримані псевдоглобальні коливання температури, що дозволило дослідити вклад акустичних  $p$ -мод в коливання яскравості Сонця. Показано, що останні виникають в результаті розсіяння  $p$ -мод низьких сферичних гармонік на сонячній грануляції з подальшою конструктивною інтерференцією.

**Ключові слова:** яскравість Сонця, глобальні коливання

### 1. Коливання яскравості Сонця

Спостереження випромінювання Сонця як зорі показують наявність коливань не тільки швидкості, але і його яскравості. Останні були вперше виявлені під час експерименту ACRIM на супутнику SMM [15], пізніше – під час місії PNOBOS (експеримент IPHIR [7]), а також під час недавніх експериментів на сателітах КОРОНАС і SOHO. Незважаючи на значний атмосферний шум, варіації випромінювання Сонця спостерігають і в наземних умовах.

Глобальні п'ятихвилинні осциляції швидкості руху речовини на поверхні Сонця є акустичними  $p$ -модами, котрі описуються сферичними гармоніками низького порядку  $l$  [1]; кожній сферичній гармоніці відповідає дискретний набір власних частот коливань з різним розподілом амплітуд. На підставі спостережень на космічному апараті SMM виявлені п'ятихвилинні варіації сонячної постійної з амплітудою порядку декількох мільйонних часток світності Сонця [15]. Спостережуваним флуктуаціям яскравості в різних учасках неперервного спектру відповідають коливання температури 3 K [15]. Результати спостережень флуктуацій випромінювання Сонця з допомогою приладу IPHIR на космічному апараті PNOBOS подані в [2], за даними приладу ДИФОС під час першої короткої місії КОРОНАС – в [8,10]: з допомогою Фур'є і вейвлет аналізу часових рядів ототоженні  $p$ -моди глобальних коливань, досліджена їх тонка структура.

Глобальні  $p$ -моди чутливі до неоднорідностей середовища, в якому вони поширюються: так, в активних областях енергія і тривалість цих мод зменшується майже вдвічі [11], при поширенні  $p$ -мод малих  $l$  крізь сонячну грануляцію здійснюється деформація їх хвильових фронтів, котра посилюється полем конвективних швидкостей [11,16].

Так як випромінювання в неперервному спектрі зароджується в фотосферних шарах Сонця, то дослідження варіацій яскравості Сонця дозволяє вивчати глобальні температурні збурення саме в цих шарах, що згодом може дати відповідь про природу п'яти-

хвилинних осциляцій яскравості, механізми їх збудження. Крім того, просторові масштаби грануляції співмірні з довжинами хвиль акустичних п'ятихвилинних коливань, а значить, представляється можливістю дослідити розсіяння глобальних  $p$ -мод низьких  $l$  на грануляційній структурі атмосфери. У той же час немає інверсних підходів для досліджень стратифікації температурних збурень, які спричиняють варіації яскравості Сонця, відсутні і відповідні дослідження. Тому ми вважали за необхідне провести дослідження саме в цьому напрямку.

### 2. Експериментальні дані

У цьому дослідженні ми виконали обробку даних із спектрофотометрів VIRGO (SPM) і ДИФОС-Ф. Перший розміщений на космічній обсерваторії SOHO (<http://sohodata.nascom.nasa.gov>) і має три спектральні діапазони: 802 нм, 500 нм і 402 нм; точність вимірювань складає  $10^{-6}$  від повної інтенсивності випромінювання Сонця, часова дискретність відліку інтенсивності – 60 с; просторове розділення відсутнє.

У кінці липня 2001 року був виведений на орбіту супутник КОРОНАС-Ф. Одним із приладів, розташованих на платформі, є спектрофотометр ДИФОС-Ф, сконструйований для вимірювання флуктуацій інтенсивності сонячного випромінювання в інтегральному спектрі в шести спектральних діапазонах ( $\lambda\lambda = 350$  нм, 500 нм, 650 нм, 850 нм, 1100 нм, 1500 нм) із шириною смуги пропускання 10 % – 20% від центральної довжини хвилі; часова роздільна здатність складає  $\sim 35.55$  с, тоді як просторова – відсутня; відносна роздільна здатність по інтенсивності також становить одну мільйонну від повної інтенсивності випромінювання Сонця. Прилад ДИФОС-Ф призначений для вивчення власних коливань Сонця.

Дані, отримані приладом ДИФОС-Ф, були любязно надані нам Осіповим С.Н., працівником ГАО НАН України.

### 3. Коливання яскравості Сонця і модель глобальних температурних збурень фотосфери

Дослідження глобальних коливань інтенсивності випромінювання проведене з допомогою розв'язку оберненої задачі переносу випромінювання в неперервному спектрі в різних спектральних діапазонах з використанням тихонівських стабілізаторів, що істотно підвищує вірогідність отриманих результатів. Виходячи з високоточних даних з космічних апаратів про інтенсивність випромінювання Сонця як зорі, ми відтворили невеликі зміни температури в незбуреній фотосфері Сонця, котрі породжують спостережувані флуктуації інтенсивності. Такій підхід дає розподіл флуктуацій параметрів моделі по висоті і в часі, що дозволяє розкрити природу та особливості глобальних коливань яскравості Сонця, дослідити вплив грануляції на коливання яскравості Сонця.

Оскільки неперервне випромінювання, котре реєструється різними каналами (VIRGO/SPM, ДИФОС-Ф), зароджується на різних глибинах в атмосфері Сонця і, крім того, ведуться спостереження всього диску Сонця, то ми маємо можливість вивчати поширення глобальних коливань у фотосфері Сонця (в нижній фотосфері, в гіршому випадку). Ця область атмосфери цікава ще й тим, що в ній знаходиться нададіабатичний шар із слабоефективною конвекцією і початок області проникаючої конвекції, де змінюється класична поведінка грануляції. Сонячна конвекція на масштабах грануляції є системою висхідних і низхідних конвективних потоків, причому просторова шкала флуктуацій температури та швидкості є порядку довжини хвилі акустичних п'яти-хвилинних осциляцій у сонячній атмосфері. А отже, ці коливання розсіюються на грануляційній структурі атмосфери. До того ж конвективні рухи на масштабах сонячної грануляції приводять не тільки до частотних зсувів, але і до викривлення хвильових фронтів горизонтальною структурою. В результаті цього виникають хвилі, котрі поширюються майже горизонтально [17,16].

У [16] розглянено вплив конвекції на глобальні осциляції в рамках періодичної двопотокової моделі гарячих (висхідних) і холодних (низхідних) потоків; показано, що в результаті деформації хвильових фронтів горизонтальною структурою виникають високочастотні моди з більш-менш горизонтальним поширенням, накладання котрих приводить до просторової модуляції коливань. Дослідження поширення хвиль моделюванням вказують на вагомий вплив грануляційної структури на поширення як локальних, так і глобальних коливань у сонячній атмосфері.

У реальних умовах сонячної грануляції важко врахувати при моделюванні всі фактори і особливості поширення хвиль, тому цікавими є результати дослідження осциляцій Сонця інверсними методами, використовуючи дані спостережень.

При вивченні коливань більше уваги приділяють коливанням високих сферичних гармонік  $l$ , що вимагає спостереження невеликих частків на диску Сонця. В той же час саме питання про природу коливань (у тому числі і коливань яскравості) залишається відкритим. При дослідженні глобальних коливань низьких  $l$  необхідно проводити спостереження якомога більшої поверхні.

Нижче подані результати досліджень глобальних коливань Сонця по спостереженнях у неперервному спектрі. Важливо зазначити, що результати спостережень в неперервному спектрі не залежать від поля швидкостей в атмосфері та від обертання зорі.

#### 3.1 Глобальні коливання температури (дані VIRGO/SPM).

Варіації температури відтворені шляхом розв'язання інверсної задачі переносу випромінювання з використанням стабілізаторів Тихонова [4].

При обробці даних із SOHO використовувались 24-годинні ряди спостережень.

Згідно з [3], максимум флуктуацій випромінювання Сонця, породжених звуковими хвилями припадає на частоту, котрій відповідають 5-хвилинні коливання. Для дослідження саме цих коливань ми пропустили часові ряди даних через фільтр Ланцоша [5] із загостреною характеристикою (фільтр – нерекурсивний і симетричний; фазових зсувів не робить), вирізавши таким чином низькі та високі частоти. Розв'язуючи інверсну задачу переносу випромінювання для осцилюючої яскравості Сонця, ми в рамках моделі спокійного Сонця VAL80 отримали оптимальні збурення температури (періодів  $T = 3 \div 10$  хв), котрі найкраще відтворюють дані спостережень. Виділені спостережувальні відносні флуктуації потоків випромінювання подані на рис.1 (суцільні лінії), точками зображені теоретичні (best fitted) коливання, котрі породжені відтвореними флуктуаціями температури (в адіабатичному наближенні); для уникнення накладання коливань різних спектральних діапазонів залежності зміщені одна відносно другої.

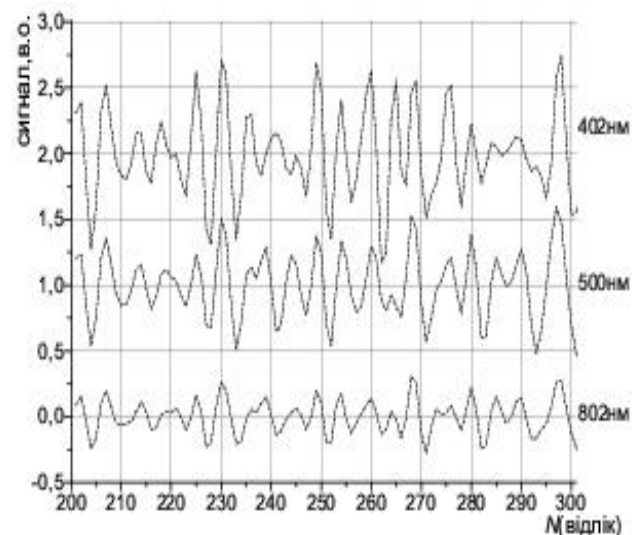
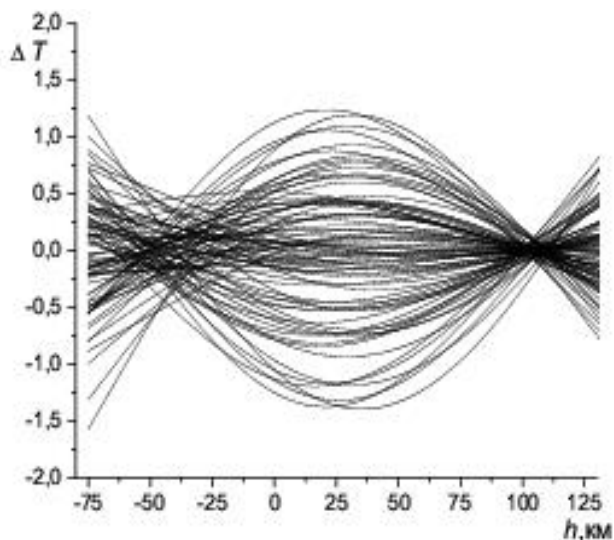


Рис.1: Спостережувані та теоретичні (best fitted) осциляції випромінювання Сонця в трьох спектральних діапазонах.

Як бачимо, теоретичні коливання випромінювання співпадають із спостережуваними, що свідчить про можливість відтворювати флуктуації середовища, в котрому зароджується спостережуване випромінювання, правда, при умові, що ми правильно враховуємо властивості цього середовища і механізми утворення випромінювання. Необхідно звернути увагу на те, що коливання в різних спектральних діапазонах відбува-

ються не завжди синфазно одне по відношенню до іншого. Отримані флуктуації температури (для періодів  $T = 4.5 \div 5.5$  хв) подані на рис.2; коливання, котрим відповідають різні моменти часу, накладені одне на одного і, в результаті, отримуємо глобальну стоячу хвилю у фотосфері Сонця. На краях показаного інтервалу висот відносна похибка відтворення становить 20%, а мінімальна – 5% в інтервалі  $h = -25$  км  $\div$  25 км.

Амплітуда коливань зростає у верхніх шарах. На фотосферні шари припадає два вузли ( $h \approx -40$  км,  $h \approx 100$  км  $\div$  110 км) і одна пучність при  $h \approx 30$  км. У вузлах фаза коливань змінюється на  $\pi$ . За рахунок похибок відтворення виникає розмивання положення вузлів; згадане розмивання може бути зумовлене також коливаннями інших  $p$ - мод. Оскільки похибка відтворення у високих шарах зростає, ми не можемо визначити положення другої пучності. Як впливає з рис. 2 – коливання яскравості Сонця спричинені глобальними стоячими хвилями, викликаними температурними збуреннями у фотосфері.



**Рис.2:** Відтворені глобальні коливання температури в фотосфері Сонця (адіабатичне наближення) за даними експерименту SOHO VIRGO/SPM.

Спостереження в інтегральному спектрі не дозволяють побачити нерозсіані акустичні коливання, котрі поширюються майже вертикально, так як їх висотна динаміка охоплює великі масштаби; відповідні дослідження вимагають ширших інтервалів висот у сонячній атмосфері.

Нагадаємо, що дослідження фотосферних коливань у лінії  $\lambda 7699 \text{ \AA}$  KI також вказують на наявність вузлів у коливаннях температури [14,13].

Розрахунок флуктуацій в неадіабатичному наближенні дає подібні результати.

Серед глобальних п'ятихвилинних осциляцій біжучі хвилі, котрі підігрівають хромосферу, в нашому дослідженні не прослідковуються.

Використання результатів спостережень з більшим числом спектральних діапазонів і спостережень в лініях дозволяє відтворити картину коливань у вищих шарах атмосфери Сонця.

### 3.2 Коливання яскравості Сонця і неоднорідна структура фотосфери

Ми розглянули результати відтворення глобальних осциляцій температури в фотосфері Сонця, правда, в адіабатичному наближенні, котре не працює у випадку коливань з великими періодами, а тим більше в нижній фотосфері.

Водночас виникає питання: а яка ж природа цих коливань? Теоретичні дослідження вказують на дисторсію фронтів хвиль, котрі проходять через грануляційну структуру атмосфери Сонця, але внаслідок складності задачі доводиться робити ряд спрощень [16,17]. З іншого боку, оскільки глобальні осциляції Сонця накладаються на локальні (первинні коливання, котрі безпосередньо згенерувались, розсіялись або відбилились), то в даних, відтворених за профілями з високим просторовим розділенням, повинні бути як локальні, так і глобальні коливання, котрі можна легко виділити, наприклад, шляхом просторової фільтрації (у нашому випадку фільтр сферичних гармонік застосовувати не можна). Це дозволить також уточнити природу коливань яскравості Сонця.

Спостереження чітко показують взаємозв'язок між грануляцією та  $p$ -модами [6,9].

Щоб в'яснити природу глобальних п'ятихвилинних осциляцій сонячного випромінювання ми дослідили вклад акустичних хвиль у коливання яскравості Сонця. Для цього ми відтворили:

- глобальні варіації температури у фотосфері Сонця (за результатами спостережень ДИФОС-Ф і VIRGO/SPM);
- просторово-часові варіації температури, густини та інших параметрів моделі на масштабах грануляції (за профілями лінії нейтрального заліза з високим просторовим розділенням);
- виділили (шляхом фільтрації просторових частот і усереднення по  $X$  координаті) з відтворених акустичних коливань температури (спостереження на телескопі VTT) акустичні псевдоглобальні фотосферні коливання температури низьких сферичних гармонік  $l$ .

Розглянемо результати відтворення глобальних хвильових варіацій за профілями лінії поглинання з високим просторовим розділенням.

Згідно із спостереженнями [12], коливання в незбуреній атмосфері відбуваються практично всюди і завжди, причому фаза коливань зберігається довше, ніж амплітуда. А окремі цуги хвиль залишаються когерентними на відстанях 20  $\div$  40 Мм і протягом двох-трьох десятків хвилин. Наше дослідження профілів фраунгоферових ліній з високим просторовим і часовим розділенням також виявляє цуги акустичних хвиль, котрі при дотриманні певних умов можуть давати спостережувані варіації яскравості Сонця. Використовуючи  $k - \omega - V$  фільтрацію, ми виділили хвилі, котрі поширюються з  $V_{px} = 10 \div 15$  км/с, тобто хвилі, котрі поширюються майже горизонтально – рис.3. Виділені хвильові рухи є набором хвильових цугів, котрі поширюються в протилежні сторони. Трапляються хвилі, амплітуда котрих слабо змінюється з часом. Час існування деяких цугів порядку часу спостереження (31 хв), при виконанні певних фазових співвідношень цуги, котрі поширюються в протилежні сторони, дають конструктивну інтерференцію.

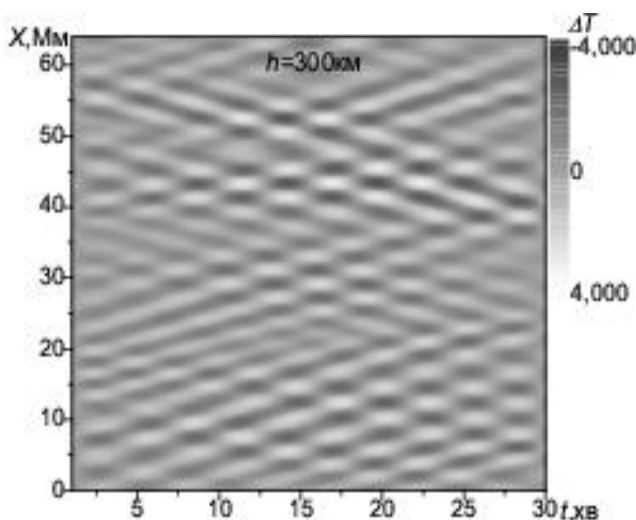


Рис.3: Просторово-часові варіації температури в середній фотосфері (п'ятихвилинні акустичні хвилі з майже горизонтальним поширенням).

Згідно з рис.3 такі співвідношення виконуються доволі часто.

Але все ж існують хвилі, котрі поширюються у верхні шари атмосфери. Проте, амплітуда таких коливань уже менша. Остання обставина не є перешкодою для їх детектування. Насправді, для хвиль, котрі поширюються переважно вгору, істотно збільшується проекція амплітуди коливань швидкості  $\Delta V_x$ , при цьому різко зростає проекція фазової швидкості на горизонтальний напрямок  $V_{p,h}$ , причому  $V_{p,h} > V_p$  ( $V_p$  – фазова швидкість). Останню обставину ми використали для виявлення акустичних хвиль, котрі поширюються у верхні шари атмосфери ( $k - \omega$  -V фільтрація). Так, хвилями, котрі поширюються із фазовими швидкостями  $V_1 < V_{p,x} < V_2$ , на  $k - \omega$  діаграмі відповідає область  $V_1^2 \cdot k_x^2 < \omega^2 < V_2^2 \cdot k_x^2$ .

На рис. 4 подані результати фільтрації акустичних хвиль, проекція фазової швидкості котрих значно перевищує швидкість звуку:  $V_{p,x} = 40 \text{ км/с} \div 60 \text{ км/с}$ ; ці хвилі поширюються під кутом  $25^\circ \div 30^\circ$  до нормалі (оцінка зроблена по нахилу хвильового фронту). А на участку  $X = 10 \div 20$  Мм відбувається різка зміна напрямку поширення хвиль з подальшим відбиттям вниз: перша півхвиля на цьому участку йде вгору, друга – вниз (через різке збільшення  $V_{p,x}$  амплітуда коливань цих півхвиль подавлена і самою фільтрацією). На жаль, ми не можемо визначити положення шару, котрий відбиває п'ятихвилинні коливання, так як чутливість вибраної лінії заліза до варіацій термодинамічних і кінематичних параметрів моделі атмосфери різко падає при  $h > 550$  км, але можна стверджувати, що відбиваючий шар залягає не нижче від температурного мінімуму.

Отже, спостереження з високим просторовим розділенням виявляють:

а – наявність хвильових цугів із часом існування не меншим за 30-хв,

б – відбивання хвильових цугів від верхніх шарів неоднорідної атмосфери,

в – конструктивну інтерференцію цугів п'ятихвилинних коливань.

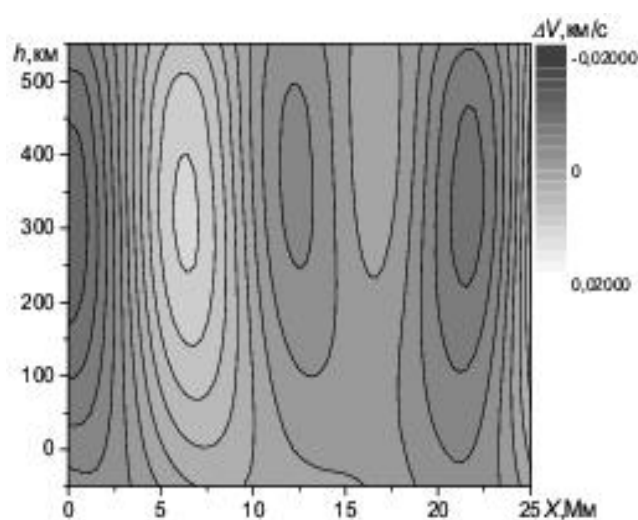


Рис.4: Структура акустичних хвиль в області відбивання від верхніх шарів.

Просторове усереднення відтвореної хвильової компоненти температури  $\Delta T(t,x,h)$  вздовж спостережуваної поверхні дає оцінку висотного розподілу  $\Delta T(t,,h)$  глобальних коливань низьких  $l$ . У  $k - \omega$  представленні коливань глобальним осциляціям низьких  $l$  відповідає вузька область, котра примикає до осі  $\omega$ . Отримані просторовим усередненням на кожний момент часу псевдоглобальні коливання в атмосфері Сонця подані на рис. 5. На рис. 5,а показаний результат накладання висотної стратифікації псевдоглобальних температурних коливань (періоди  $T = 5$  хв) низьких  $l$  (тонкі суцільні лінії) в різні моменти часу. Дві симетричні товсті лінії показують зміну з висотою рівня шуму – середньоквадратичного відхилення оцінки амплітуди коливань, отриманої шляхом усереднення по просторовій  $X$ -координаті. На всіх досліджуваних висотах виділений сигнал псевдоглобальних коливань перевищує рівень шуму. Крім того, псевдоглобальні збурення температури дещо перевищують збурення, виділені по VIRGO/SPM та ДИФОС-Ф. Як і при відтворенні коливань за спостереженнями яскравості, амплітуда псевдоглобальних коливань зростає у верхніх шарах; вона збільшується також у нижній фотосфері. На висотах  $-20 \text{ км} < h < 100 \text{ км}$  амплітуда коливань зменшена. В цій області спостерігаються вузли коливань, котрим відповідають коливання різних  $l$ ; вирисовуються також пучності.

На рис. 5, б подана часова розгортка отриманих нами 5-хвилинних псевдо глобальних коливань. Видно стоячі хвилі з вузлом у зоні  $25 \text{ км} < h < 100 \text{ км}$  (фаза змінюється на  $180^\circ$ ). На висотах від вершини конвективної зони до області проникаючої конвекції структура коливань зазнає найбільших змін: так, змінюються положення вузлів, похилі участки свідчать про переміщення вузлів вгору-вниз, в деякі моменти часу стоячі хвилі відсутні. Така складна структура коливань свідчить про те, що ми спостерігаємо коливання, породжені проходженням глобальних хвиль різних  $l$  (при збільшенні спостережуваної області з подальшим усередненням коливання великих  $l$  будуть згладжуватися).

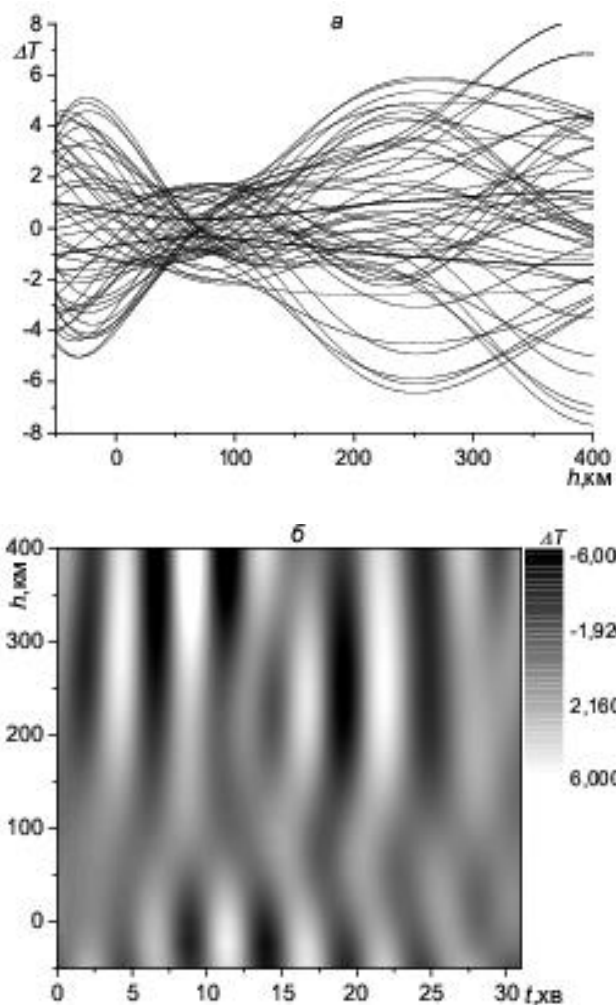


Рис.5: Відтворені за профілями з високим просторовим розділенням псевдо глобальні 5-хвилинні акустичні коливання температури: а – висотна стратифікація; б – часова розгортка.

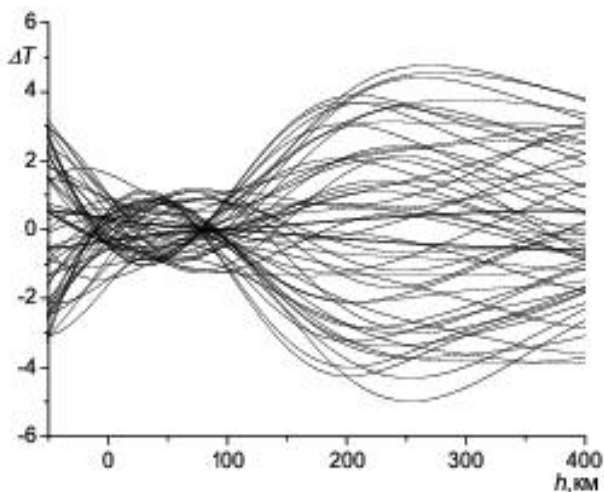


Рис.6: Висотна стратифікація відтворених псевдо глобальних акустичних коливань після фільтрації просторових частот ( $\lambda < 6$  Мм).

Оскільки число точок спостереження вздовж поверхні Сонця не достатньо велике (170 точок; ПЗС матриця  $512 \times 512$ , кожні три послдовні пікселі усереднювали вздовж просторової координати, тоді  $\Delta X =$

378 км, що відповідає просторовому розділенню  $0''.5$ ), то виникає питання про статистичну стійкість отриманих шляхом усереднення результатів. Ми провели аналогічні розрахунки для вибірки даних вдвічі меншої: результати якісно співпадають, що свідчить про статистичну стійкість отриманих результатів. Звичайно, збільшення розмірів спостережуваної області дозволить якісніше виділити псевдоглобальні коливання. На жаль, ми можемо хіба що промодельювати такий випадок шляхом додаткової фільтрації високих і середніх просторових частот результатів відтворення (ми усунули фільтром Ланцоша просторові частоти, котрим відповідають коливання з  $\lambda < 6$  Мм) з подальшим просторовим усередненням. Після такої обробки чіткіше обрисовуються вузли стоячих хвиль при  $h \approx 15$  км і  $h \approx 80 \pm 90$  км (див. рис. 6).

Виділені з просторово-часових варіацій температури псевдоглобальні коливання дещо більші, але все ж таки майже того ж порядку, що і відтворені за варіаціями потоку випромінювання (дані ДИФОС-Ф). Крім того, така глобальна складова коливань присутня на всьому участку спостереження протяжністю 64~Мм вздовж поверхні Сонця.

Таким чином, розсіяні на фотосферних неоднорідностях глобальні  $p$ -моди низьких  $l$  дають глобальну конструктивну інтерференцію (накладання падаючих і відбитих хвиль), що спричиняє утворення в фотосферних шарах стоячих хвиль; останнє спричиняє модуляцію яскравості Сонця.

### Висновки

За даними спостережень інтенсивності випромінювання в інтегральному спектрі (дані VIRGO/SPM, ДИФОС-Ф) і за профілями фраунгоферових ліній (дані VTT) отримані моделі глобальних збурень температури в фотосфері Сонця. Результати досліджень п'ятихвилинних осциляцій яскравості Сонця такі:

Конвективна структура атмосфери може значно викривляти промені акустичних хвиль низьких  $l$  від вертикального напрямку поширення.

Амплітуда глобальних коливань температури зростає в сторону верхніх шарів атмосфери: на висотах  $100 \text{ км} < h < 180 \text{ км}$  і в нижній фотосфері: при  $h < 25 \text{ км}$ .

При дослідженні висотного розподілу глобальних фотосферних коливань низьких  $l$  показано, що п'ятихвилинні коливання яскравості Сонця породжені глобальними стоячими хвилями, один з вузлів котрих припадає на початок перехідної області до проникаючої конвекції –  $h \approx 90 \text{ км} \div 100 \text{ км}$ , а пучності – при  $h \approx 50 \text{ км}$  і  $180 \text{ км}$ .

Виділені з акустичних коливань температури (дані VTT) псевдоглобальні коливання того ж порядку величини, що і коливання, відтворені за варіаціями потоків випромінювання в різних спектральних діапазонах (дані VIRGO/SPM, ДИФОС-Ф).

Запропонований новий механізм генерації п'ятихвилинних осциляцій яскравості Сонця: п'ятихвилинні осциляції яскравості Сонця виникають у результаті розсіяння  $p$ -мод низьких сферичних гармонік на сонячній грануляції з подальшою їх конструктивною інтерференцією, що породжує температурні збурення у вигляді глобальних стоячих хвиль.

#### REFERENCES

1. Atroshchenko I.N., Gadun A.S., Gopasiuk S.I et.al. (exec. editor Gurtovenko E.A.) Variations of the global characteristics of the Sun. – Kiev: Nauk. dumka, 1991. – 304 p.
2. Bruns A.V. Izv. Krymsk. astroph. obs. – 2007. – V. 103, N 2. – P. 44-53.
3. Kostyk R.I., Shchukina N.G. Kinem. and phys. celest. bodies. – 1999. – V.15, N 1. – P. 25-37.
4. Stodilka M.I. Journal of physical studies. – 2004. – V. 8, N 2. – P. 192-198.
5. Hamming R.W. Digital filters. – Moscow: Soviet radio, 1980. – 224 p.
6. Espagnet O., Muller R., Roudier T., Mein P., Mein N., Malherbe J.M. Astron. and Astrophys. – 1996. – V. 313, № 1. – P. 297-305.
7. Froehlich C., Bonnert R.M., Bruns A.V., Delaboudiniere J.P., Domingo V., Kotov V.A., Kollath Z., Rachkovsky D.N., Toutain T., Vial J.C., Wehrli Ch. IPHIR: The helioseismology experiment on the PHOBOS mission // Seismology of the Sun and Sun-like stars, ESA SP-286. – 1988. – P.359-362.
8. Hasler K.-H., Zhugzhda Y.D., Lebedev N.L., Arlt R., Oraevsky V.N. Astron. and Astrophys. – 1997. – V. 322 – P. L41-L44.
9. Hoekzema N.M., Rutten R.J. Astron. and Astrophys. – 1998. – V. 329, № 2. – P. 725-734.
10. Lebedev N.I., Oraevsky V.N., Zhugzhda Y.D., Kopaev L.M., Kostik R.I., Pflug K., Rudiger G. Staude J and Bettac H.-D. Astron. and Astrophys. – 1995. – V. 296 – P. L25-L28.
11. Komm R., Howe R.W., Hill F. Astrophys. J. – 2002. – V. 572, Issue 1. – P. 663-673.
12. Musman S., Rust D.M. Solar Phys. – 1970. – V. 13, N 1. – P. 261-286.
13. Ruiz Cobo B., Rodriguez Hidalgo I., Collados M. Astrophys. J. – 1997. – V. 488, № 1. – P. 462-472.
14. Rodriguez Hidalgo I., Ruiz Cobo B., Collados M., Bellot Rubio L.R. Astrophys. J. – 2001. – V. 547, № 1. – P. 491-502.
15. Woodard M., Hudson H. Solar Phys. – 1983. – V. 82. – P. 67-73.
16. Zhugzhda Y. D., Stix M. Astron. and Astrophys. – 1994. – V. 291, № 1. – P. 310-319.
17. Zhugzhda Y.D. Astron. and Astrophys. Transactions. – 2003. – V. 22, № 4-5. – P. 593-606.

#### Solar irradiance five-minute oscillations

**M.Yu. Skulsky, M.I. Stodilka**

**Abstract.** We examined a possible nature and a origin of the solar irradiance five-minute oscillations. Using solar observations we solved inverse radiative transfer problem and reproduced height stratification of the local and global temperature oscillations of low  $l$  in the solar photosphere. The pseudoglobal oscillations were extracted from photosphere oscillations; so we studied contribution of acoustic modes into the solar irradiance oscillations. It is shown, the latter ones originate from the scattering  $p$ -modes of low spherical harmonics on the solar granulation with the subsequent constructive interference.

**Keywords:** Solar irradiance, global oscillations



## Methods of description of the structure of amorphous substances

E.I. Borkach\*<sup>1</sup>, G.M. V.P. Ivanitsky<sup>2</sup>, V.S. Kovtunenکو<sup>3</sup>

<sup>1</sup> II Rákóczi Ferenc Transcarpathian Hungarian Institute, 6 Kossuth Square, Berehove, 90202, Ukraine

<sup>2</sup> Uzhgorod National University, 32 Voloshin str., Uzhgorod, 88000, Ukraine

<sup>3</sup> Cherkasy State Technological University, 460 Shevchenko Blvd., Cherkasy, 18006, Ukraine

\*Corresponding author. E-mail: barkatsj@gmail.com

Paper received 07.09.15; Revised 14.09.15; Accepted for publication 18.09.15.

**Abstract.** Today to describe experimentally the structure of the amorphous substances the alternative methods are being sought actively. These methods must require only setting a small number of structural parameters of the atomic network easily sought experimentally. The best of such methods is the method that requires the least number of the initial a priori information about the system under study. The most of the above experimental methods are based on the use of the binary correlation functions of the mutual spatial location of atoms or other structural particles (or radial distribution function). As of today, the methods that will allow the structure of the whole macrosample to be described on the basis of the structure of its small fragments are being actively sought. The main problem of such approach is the optimal choice of the elementary minimal typical microregions of the amorphous atomic network, which demonstrate the properties that agree with the experimentally determined properties of the macrosample. The studies of the amorphous state must be based also on the clear distinguishing of the ideal disordered atomic network and its structural defects. The notion of the defective structural particles must be taken as a basis of such distinguishing. Their pointing out among the main structural particles may be based on the two conditions: a) the concentration of the defective particles must be much less than the atomic density of the substance; b) the relevant property or the physical and chemical parameter of the defective particle must lie beyond the limits of the distribution function of this property for the main structural particles.

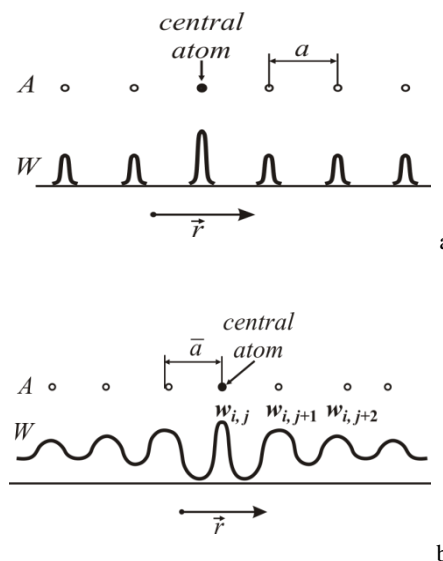
**Keywords:** amorphous materials, disorder structure, amorphous structure defects

The structure of the crystal is considered known if the spatial symmetry group and the spatial distribution function of the electron density for the elementary cell of its spatial lattice are determined with sufficient accuracy [1]. For real amorphous substances the concept of the symmetry of the spatial groups, reverse space and wave vectors is not applicable in the form it is used for the crystals. To describe the structure of the amorphous state with the same accuracy one has to know the spatial coordinates of all atoms of the relevant sample volume. Therefore, of specific importance is the study of the amorphous structures in the real space [2].

The set  $N$  of the radius-vectors  $\vec{r}_k$ , the coordinates of which define the equilibrium positions of all the atoms in the space in the defined coordinate frame is taken as the most general characteristics of the structure of the whole macrosample comprising  $N$  atoms [3]. These vectors could be conveniently defined by the function of location of the centers of the structural units  $A(\vec{r}) = \sum_{k=1}^N \delta(\vec{r} - \vec{r}_k)$ .

The functions  $A(\vec{r})$  are always discrete due to their physical nature. They can be strictly periodic (for the crystals) or non-periodic (for the amorphous substances).

The function  $A(\vec{r})$  exists really for any condensed system, but for different structural states it is specified differently. For the ordered structures one may analytically strictly specify the location of any atom with respect to the given one. Their functions of location are called the first-kind functions (fig. 1 a). These functions describe totally determined functional order in the locations of atoms using, for example, the translation vectors of the elementary cell. For the infinite extended disordered locations of the structural particles, when there exist only certain correlations in the locations between the nearest neighbors and it is impossible to specify the locations of the distant structural particles, the functions of location are called the second-kind functions (fig. 1 b).



**Fig. 1.** Examples of setting the functions of location  $A(\vec{r})$  and the binary correlation functions  $W(\vec{r})$  of the first (a) and second (b) kind for the one-dimensional model of the substance

The function of location and, respectively, the structure of the crystal are defined by the spatial parameters of the elementary cell and the spatial group of its symmetry. Such description allows the geometric structure of the whole crystal to be determined using a small number of the structural parameters. Thus, the model concepts of the crystalline lattice enable the most complicated crystalline structures to be studied relatively easily.

For the amorphous substances there is no such simple setting of the functions of location and no structural description due to the lack of the spatial periodicity in the locations of atoms. To describe the amorphous state with the same accuracy as for the crystal, one has to specify the coordinates of all atoms of the sample. Unfortunately, it is impossible to do this for real objects experimentally [4].



Now such setting in a pure form is realized only for the theoretical amorphous structures calculated by computer modeling [5]. Therefore to describe experimentally the structure of the amorphous substances the alternative methods are being sought actively. These methods must require only setting a small number of structural parameters of the atomic network easily sought experimentally. The best of such methods is the method that requires the least number of the initial *a priori* information about the system under study [6].

The most of the above experimental methods are based on the use of the binary correlation functions of the mutual spatial location of atoms or other structural particles  $W(\vec{r})$ . The Patterson's functions for the crystals are a specific example. By definition, these functions result from the quadratic convolution (self-convolution) of the functions of location [7]:

$$W(\vec{r}) = \int A(\vec{r}')A(\vec{r}' - \vec{r}) dV \\ = N\delta(\vec{r} - 0) + \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \delta(\vec{r} - \vec{r}_{jk})$$

As seen, the Patterson's functions are the particular case of the first spatial correlation function  $\Phi(\vec{x}) = \overline{P(\vec{r})P(\vec{r} + \vec{x})}$  of the discrete atomic system, where  $P(\vec{r})$  is some spatial structural parameter of the atomic network.

At the origin of coordinates, the functions  $W(\vec{r})$  have a peak of the  $N$  magnitude ( $N$  is the number of atoms in the system under study). For the disordered substances due to the existence of only probabilistic regularities in the mutual locations of atoms as well as due to averaging over the macrosample,  $W(\vec{r})$  are set in a form of a series of peaks of almost Gaussian shape  $W(\vec{r})$ , each of them specifying the probabilities of the mutual locations of the atoms  $j$  and  $k$  at the distance  $\vec{r}_{jk}$ , i.e.:

$$W(\vec{r}) = \sum_{j,k} (\vec{r} - \vec{r}_{jk})$$

The binary correlation functions  $W(\vec{r})$  of the crystals reflect those symmetry elements, which are typical for the corresponding crystalline lattices. For all amorphous substances,  $W(\vec{r})$  have a point symmetry  $C_0^m$ , i.e. they are spherically symmetric. In addition,  $W(\vec{r})$  in the amorphous state by their form and content reflect directly the probabilistic correlation type of ordering of the atomic network and are directly revealed in the diffractograms in a form of the smeared Gauss-like distributions of random quantities.

The functions  $A(\vec{r})$  and  $W(\vec{r})$  describe only the mutual locations of the structural particles. When it is necessary to know also the parameters of their mutual orientation in the space, what is important for the covalent substances, then the relevant multi-argument functions  $A(\vec{r}, \alpha, \psi, \theta)$  and  $W(\vec{r}, \alpha, \psi, \theta)$  are used, where  $\alpha, \psi, \theta$  – are the relevant Euler's angles, which specify the spatial orientation of the structural particles in the atomic system.

The function  $W(\vec{r})$  is only one of the possible correlation functions of the disordered substances. According to the general statistical theory for such systems, their characteristics and behavior are completely specified by a set

of different correlation distribution functions  $Y_q$ . For the system of  $N$  atoms the function  $Y_q(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_q)$  defines the probability of finding each of  $q$  atoms of selected group in the volume elements  $dV_1, dV_2, \dots, dV_q$  at the distances  $(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_q)$  from the origin of the coordinate frame at the random location of all other  $(N-q)$  atoms, which do not belong to the selected group. By definition, this probability is:

$$dJ(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_q) = Y_q(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_q) \frac{dV_1, dV_2, \dots, dV_q}{V^q}$$

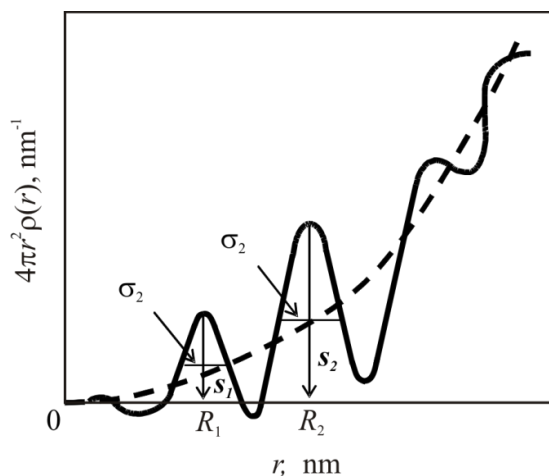
If the mutual location of the atoms of the system is totally chaotic (the case of the total disorder), then all correlation functions are constants not dependent of the particular set of the spatial coordinates, i.e.  $Y_q(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_q) = c_q$ . In the real condensed unordered systems, there exist the spatial correlations in the atomic locations. This means that the probability of the location of a certain atom of the system in the certain point of the space depends on the points, in which the other atoms are located. The character of such correlations is described by the set of correlation functions: unitary  $Y_1(\vec{r}_1)$ , binary  $Y_2(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ , ternary  $Y_3(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3)$  and so on.

The function  $W(\vec{r})$ , in fact, corresponds to the binary correlation distribution function  $Y_2(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$  and is its derivative. This function plays an important role in studying the structure of the amorphous substances. After averaging over the structural parameters of all structural particles with the allowance made for the spherical symmetry of the functions  $W(\vec{r})$  for the amorphous substances, a new function  $Y_2(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|)$  is obtained from the binary correlation function. It depends only on the distance between the two atoms under consideration  $r = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1|$  and does not depend on the mutual location of these atoms in the space. Thus, redefined binary correlation function  $Y_2(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|)$  almost coincides with the radial distribution function  $W(r)$ , which is the scalar analog of the vector function  $W(\vec{r})$ . In scientific literature,  $W(r)$  is called the radial distribution function (RDF) of corresponding structural particles [8]. Knowing this function and interatomic interaction potential for the monatomic liquids, one may calculate theoretically a series of parameters and characteristics [8]: the equation of state, the isothermic compressibility, the shear modulus, the internal energy and so on.

The radial distribution function  $W(r)$  is the basic structural parameter for the amorphous solids, which can be determined experimentally. This function is the object of the diffraction studies in the amorphous substances. Its main task is to obtain the radial distribution function for corresponding scattering centers, which is unambiguously related to the correlation radial function  $W(r)$  (fig. 2). On the basis of the geometric parameters of this function one may determine experimentally the averaged parameters of the short range order (SRO) structure. The positions of the RDF maxima  $R_1$  and  $R_2$  correspond to the predominant interatomic distances in the atomic network or the radii of the coordination spheres; the areas under the peaks  $S_1$  and  $S_2$  are related to the corresponding coordination numbers; the halfwidths of the peaks  $\sigma_1$  and  $\sigma_2$  define the mean-square displacements of the atoms in the amorphous struc-

ture with respect to the most probable ones. In some cases it becomes possible to make substantiated conclusions about the most probable geometry of location of the nearest neighbors in the atomic network and about the character of interatomic bonds between them. As of today, it is impossible to reproduce unambiguously the real spatial distributions of the atoms in the amorphous substance on the basis of RDF only. It also should be noted that in the general approach the disordered structure is described not by the separate SRO parameters, but by the whole RDF.

In the most cases the experimental studies relate not the complete structure of the condensed substances, but only the structure of its certain subsystem: nuclear, atomic, spin subsystems and so on. Respectively, in these cases the attention should be drawn to the separate specific subelements of the structure. It seems most expediently to specify the spatial distribution of the above subelements in a form of the special functions of the momentary local density  $\rho(\vec{r}, t)$ , where  $\vec{r}$  – is the radius-vector of the corresponding point of the space in the chosen coordinate frame. Thus,  $\rho(\vec{r}, t)$  is the local density of a certain subelement of the structure in the spatial point with the radius-vector  $\vec{r}$  at the moment of time  $t$ . For the same object this may be the electron density, the atomic density, the nuclear density, the electric potential distribution, the spin density and so on. Not momentary, but measuring time-averaged microdistributions of the density  $\rho(\vec{r})$  related directly to RDF are obtained experimentally.



**Fig. 2.** Illustration of the RDF form for the amorphous substance and its principal parameters:  $R_i$  are the radii of the coordination sphere,  $S_i$  are the areas under the peaks that define CN,  $\sigma_i$  are the halfwidths of the peaks that define the dispersions of the chemical bond length distribution.

In the diffraction experiments, it appears convenient to take the objects, which serve the scattering centers of the probing radiation, as the microdistribution elements. The function  $\rho(\vec{r}, t)$  can be set in the different forms depending on the peculiarities of the structure of the particular objects. Two representations of microdistribution  $\rho(\vec{r}, t)$  are boundary: that in a form of the discrete functions, e.g., for the crystals, and that in a form of the continuous functions, if the substance is considered the permanent continuum.

The functions  $A(\vec{r})$ ,  $w(\vec{r})$  and  $\rho(\vec{r})$  are the most general, but, at the same time, the most abstract structural

characteristics of the amorphous substances. As of today, the methods that will allow the structure of the whole macrosample to be described on the basis of the structure of its small fragments are being actively sought. The main problem of such approach is the optimal choice of the elementary minimal typical microregions of the amorphous atomic network, which demonstrate the properties that agree with the experimentally determined properties of the macrosample. The solution of this problem includes two stages [9]. The first stage is the optimal partitioning of the atomic network into a system of fragments with the definition of their structure and properties. It is preferably in this case to use chosen fragments in studying the atomic network of the amorphous substances of different chemical composition. On the second stage the relation between the structure and the properties of the whole sample and the properties of its separate fragments is found.

In Ref. [9], the strict observance of the additivity principle for the glasses is demonstrated on the basis of the first principles of quantum mechanics. Thus, the properties of the glasses can be formed of the properties of their primary component formations, i.e. certain structural fragments. The only task is to choose correctly the above formations and to determine their properties. The choice of the fragments is related to the boundaries that separate them. There are quite many variants of such partitioning and it is not easy to choose the best of them like in the case of crystals. In any case the basis of the choice of the partitioning method should be the additivity principle, whereas the specific choice must be determined by the kind of the problem to be solved using this partition.

The most comprehensive and fruitful method is that suggested in Ref [10]. This method is based on the consideration of the substance as the system of different interacting particles. As a result, the macrosystem of the atomic network is generally represented as that comprising a great number of macroscopic identical particles. The choice of the size of microscopic particles must ensure their quite large number in the macrosystem in accordance with the criterion of applicability of the statistical methods. This approach makes a basis of the above analysis of the problems of studying the amorphous state. The hypothetical structural particles introduced in the beginning, i.e. the certain associates of atoms that form the atomic network of the substance, are the basic ground of this approach. Let us analyze now in more detail the essence of the particle method.

There are many variants of introducing the different-type structural particles. According to Ref. [10], depending on what properties of the solid are considered, the following basic types of the particles can be distinguished: the chemical composition particles, the structural particles, the kinetic particles and the defective particles (see table). In general case they cannot be transformed to each other; they cannot be substituted by the universal particles applicable for the description of all characteristics of the substance simultaneously. The chemical composition particles are considered the main of them, whereas other particles can be considered as their derivatives. As a result, different substances and their different states are considered the sets of different particles with different regularities of their mutual combining.

**Table.** Basic types of the particles for describing the solids [10]

Particle type	Examples	Role of the particles
Chemical composition particles	Atoms, molecules, formula units	Specify the substance as the separate individual quantum-mechanical macrosystem
Structural particles	Individual groups of atoms	Describe the peculiarities of the structure of the substance and specify its all properties
Kinetic particles	Electrons, holes, phonons	Specify the kinetic properties of the substance
Defective particles	Impurities, vacancies, charge centers	May influence the most of the properties of the substance

The most stable in the substances are the chemical composition particles, for which the conservation law is obeyed, i.e. the quantitative and qualitative set of the chemical elements included in the substance is fixed. The structural particles are less fixed characteristic and in their case the conservation law may not be obeyed. For the amorphous substances the structural particles are the main elements of their disordered atomic network. The necessity to correspond to a certain chemical composition of the sample imposes serious restrictions onto the choice of certain microfragment of the structure of the amorphous solid as the structural particle. For example, provided the validity of the chemical composition conservation law for the  $As_{30}S_{70}$  glass, the structural particle must include at least 10 atoms, while for the  $As_{32}S_{68}$  compound – 25 atoms. The latter condition requires the development of the description of the fragment structure in the non-crystalline substances of rather large size, which is comparable by complexity with the description of the structure of the whole macrosample.

Pointing the structural particles out is often based on a clear differentiation of the interatomic interaction forces into the strong and weak ones. It is assumed here that strong interactions are revealed only inside the structural particles and at the sites of their linkage in the general atomic network. The structural particle is surrounded by a weak force field that characterizes its interaction with the neighbors. Thus, in general case, the structural particles are not independent of each other [10].

In the ideal case the use of the particle method must ensure the choice of the minimal number of the types of the structural particles sufficient to describe the maximal number of different substances and their states. Furthermore, such particles should desirably fill uniformly the whole space occupied by the substance, not leaving free volume residuals. In the amorphous substances, some difficulties arise in this respect. As a rule, it is necessary to introduce the particles of different types to describe the structure of the amorphous materials. As the amorphous materials have different chemical composition, different geometric 'shapes' and frequent deviations from multiple relations of different chemical element content, they fail to ensure the continuous complete filling of rather large macrovolume. Therefore, the presence of the free volume is typical for the most disordered substances [10].

In such approach, the real solid body should be considered the system of interacting different-type particles-microfragments of the atomic network with the volumes  $v_i$  that satisfy the condition  $V = \sum n_i v_i + V$ , where  $V$  is the sample volume,  $n_i$  is the number of the structural fragments of the  $i$ -th type, and  $\Delta V$  is the free volume in the sample structure. In this case  $v_i$  must include, if possible, an integer number of the formula units.

In general form, the elementary cell of the crystalline lattice can be considered the main structural particle in the crystal. The disordered structure of the non-crystalline sol-

ids complicates pointing the structural particles out. However, with the development of the notions about SRO of their atomic network, it became also possible to point out the structural particles in them (as an example, one could mention the silicon-oxygen tetrahedrons in the silicate glasses). According to Ref. [10], the volume of these structural particles should not exceed that of the elementary cell of corresponding crystal of the same chemical composition.

Thus, the most general and typical for all non-crystalline solids feature, i.e. the presence of SRO in the atomic locations, makes a basis of dividing the amorphous substances into the structural particles. Therefore, the correct distinguishing of the structural particles must ensure the total description of SRO in the atomic network. Moreover, when choosing the structural particles in the amorphous substances one has to take into account the ordering in the IRO region and the presence of the mesoscopic structural peculiarities. This is mainly provided by the rules that make a basis of bonding the structural particles. In such conditions, the structural particles are the characteristics of both SRO and IRO simultaneously. The fruitfulness of such approach for the silica glasses is proven by, e.g., Ref. [11], where the character of the structure of their atomic network was found to define by the rules of combining the  $SiO_4$  tetrahedrons according to the stishovite, colusite or quartz structure types. This also means that one can, using different laws of combining, obtain different amorphous structures of the same structural particles. This problem is analyzed in details in Refs. [9, 11, 12].

The peculiarities of the atomic network SRO indicate that the structural particles of the amorphous substances have certain elements of the spatial symmetry. This assumes the presence of any symmetry elements. In this context, the maximal symmetry of the structural particles can be an important criterion of their choice.

In the case of crystals, the knowledge of their elementary cell defines simultaneously the procedure of construction of the whole macrosample. In our opinion, the structural particles in the amorphous substances must play the role of the elementary cell of the crystalline lattices. This condition must also determine the procedure of their distinguishing in the disordered atomic network. Evidently, the procedure of constructing the macrofragment of the atomic network in the amorphous substances of the structural particles must use both the simplest (translation, rotation) and much more complicated rules of their mutual spatial combination. These rules were first introduced by Zachariassen for combining separate polyhedrons in the oxide glasses.

Many amorphous structural particles may be isomorphic, i.e. formally replaceable at the transition from one chemical composition to another one, e.g., for the case of the structural particles in  $AsS_{3/2}$ ,  $AsSe_{3/2}$ ,  $AsTe_{3/2}$ . At the total (unlimited) isomorphism of the structural particles, their correspondence by geometry, volume, shape and the rules of their combining with other structural particles is assumed. In the case of the presence of common atoms in

the neighboring structural particles, the conditions of their isomorphism must be especially rigorous. The use of the methodological approaches of stereochemistry and chemistry of polymers can be an important trend of the studies.

The structure of the particular structural particle may result from both the free manifestation of interatomic interactions and the 'binding' action of the surrounding atomic network with other types of the structural particles. Such binding may be of two types: the first, passive, when it leads only to a slight change of the parameters of the structural particle, which remains itself a stable structural formation. The second, a stronger, kind of binding occurs in the case, when the structural particles acquires under the influence of the surrounding matrix the other structure, which it fails to keep beyond the atomic network. In the crystals, such binding is possible only in the case when the number of the structural particles of binding component is much more than the number of the particles of non-typical component, since the non-typical structure will be quite stable only in the conditions of a strong influence of the main component. The example is the crystalline lattice structure in the region of occurrence of the impurity atoms or point defects. In the amorphous substances, the non-typical can be realized much easier, since in the disordered atomic network they can easily adopt for the structure of surrounding neighbors. The active 'binding' influence of certain structural particles on the structure of their neighbors and vice versa is a decisive peculiarity of the structure of the amorphous substances.

Thus, in the case of the amorphous substances, the structural particles must simultaneously satisfy some important conditions: the additivity conditions (i.e. the lack of overlapping) at the space filling; each their type must specify a certain part of the atomic network of the amorphous structure, they must have the maximal symmetry in the SRO region. Here an important requirement for the structural particles is excluded – to be the smallest possible part of the structure, which is due to the lack of long range order in the amorphous matrix. Combining the requirements of additivity of the structural particles at the volume filling with their maximal symmetry frequently leads automatically to the necessity to 'cut' the particles of the chemical composition of the substance when pointing out the structural particles (e.g., in the case of the  $AsS_{3/2}$  structural units). Thus, the chemical composition of certain structural particles may not coincide with the general chemical composition of this amorphous substance. In the quantum-mechanical calculations, 'cutting' of the chemical composition particles for the creation of the additive units is not admitted, therefore, the other principles of the atomic network partitioning is used, which may not ensure the condition of maximal symmetry of distinguished structural particles.

Distinguished structural particles can have different spatial scale. On the lower step of their hierarchy there are the structural units (SU) widely used to describe the atomic structure of the amorphous substances. The original variant of the structural particles of the amorphous substances in a form of the bipyramids, which are the carriers of information about the SRO symmetry and satisfy the additivity condition, was suggested by Pinsker [13–16]. At their distinguishing the statistical scatter of the structural parameters of the bipyramids is allowed and they fill the space with the residual free volume.

The above approach is feasible if the introduced structural particles are reasonably independent, i.e. if it is possible to describe in the first approximation the certain structural parameter or the structurally-sensitive property  $P$  of the substance as:

$$P = \sum_{i=1}^N n_i p_i$$

where  $p_i$  is the relevant characteristics of the  $i$ -th particle,  $n_i$  is their concentration, and  $N$  is the number of the types of introduced particles.

It should be noted here that for the disordered substances it is reasonable to take as  $p_i$  not simply the individual characteristics of the separate microparticle, but the relevant distribution functions of this characteristic [16] over the ensemble of the introduced structural particles (fig. 3). In the simplified variant, the arithmetic average values of such distributions  $p_i$  may be used [17]. The quantitative criterion of applicability of the arithmetic average values may be, for example, the proportionality of the distribution function width  $\Delta p$  to the absolute error of measuring the parameter  $P$ . The narrower is the relevant distribution function of the particles over the value of given parameter, the better is the applicability of such approximation.

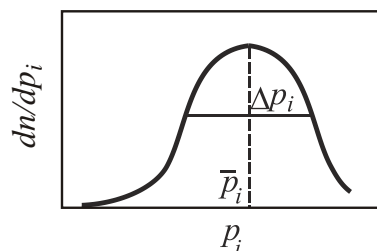


Fig. 3. Distribution function of the structural particles over the parameter  $p$  [17]

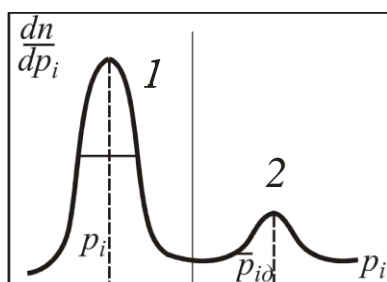
Up to this moment we analyzed dominantly the ideal crystals and the ideal amorphous solids. In both these states, different defects (foreign, abnormal, minor structural particles) including broken bonds should be absent. In the real amorphous solids, the presence of the defects of the atomic network is real like in the real crystals. The fact that the concentration of such defects in them can be considerably larger does not changes the situation, because definition of the terms of such rank must be based on the general qualitative distinctions, not on the separate quantitative ones.

The extended definition of any defect both for the crystals and for the amorphous solids covers, in fact, all violations manifested in the real atomic network as compared to the ideal one. In our opinion, this qualitative definition should be complemented by the quantitative criterion, namely, the concentration of the defects in the atomic network should be at least order of magnitude less than the atomic density of the substance. Here the typical situation for the real crystals is observed and the general physical sense of the notion of defect is kept. For the same reason different defects could not be responsible for all the properties of the amorphous substances, but for some of them only.

In such approach, one may introduce the quantitative criterion of pointing the defective particles out of the structural particles of the atomic network [18–20]. Besides those mentioned above, such criterion must include an important additional condition. It is related to the fact that certain

property  $p_i$  of any of the principal structural particles of the atomic network could not deviate from the average value more than by  $\Delta p_i/2$  (fig. 3). It is evident that the relevant property  $p_i$  for the defective particles must lie beyond the limits of this distribution of a given property of the main structural particles (fig. 4). For example, if one considers the internal energy of the structural particles as the parameter  $P$ , then the defects will correspond to those of them, the energy of which differs largely from the average energy [16]. In this context, the defects of the amorphous substance are treated as the structural particles with relatively low concentration and with the properties, which differ substantially from the properties of the main structural particles. In other words, the local volume of the atomic network is the defect of the amorphous structure and the SRO parameters of it substantially differ from the statistically average SRO parameters of this network over the macro-volume. In addition, the model ideal amorphous systems having the atomic networks absolutely free of the defective structural particles can be used as the benchmark for the comparison with different real amorphous substances.

One may distinguish two basic types of the effectiveness of the amorphous substances: the defective particles with the chemical composition of the atomic network and the defective structural particles of the atomic network. For example, in the covalent substances, the 'broken' chemical bonds, which can be in different charge states, are one of the most common defects of the atomic network. In many cases they may interact with each other and, respectively, exist in a form of the pairs or even the complexes.



**Fig. 4.** Distribution function of the main (1) and defective (2) structural particles pointed out to describe the certain property  $P$  of the substance.

Elliot [21] also points out several types of defects in the amorphous substances:

1. Deformation defects related to the changes (deformations) of parameters of interatomic distances, valence and torsion angles of the atomic network.
2. Topological defects, e.g., the chains and rings with different number of atoms or structural polyhedrons.
3. Incorrect or homopolar bonds in the atomic network.
4. Defects of the chemical bonds.

If one accepts the above definitions of ideality of the amorphous atomic network and the criteria of distinguishing the defective particles, the first three of the above types of violations will not necessarily belong to the defects of the amorphous substances. This is due to the fact that the above distinguishing is based on the ideal benchmark in a form of the relevant crystalline lattice. As mentioned above, this approach to the studies of the atomic networks of the amorphous substances is not always feasible. How can we determine the value of deformations of the amorphous atomic network? Can we treat as the de-

fects any deformations of interatomic distances and valence angles? Perhaps the small deformations are inherent in the amorphous substances, whereas the large ones are the defects? How can we define the quantitative boundary between the large and small deformations? Can we consider the defects the 5-term and 7-term rings of the atomic network in the amorphous germanium, if they include about 15% of all atoms? What is the defect in the atomic network of the amorphous selenium – the rings or the chains? What chemical bonds should be considered correct, and what chemical bonds should be meant incorrect in the atomic network of the  $As_{10}Se_{80}$  glass? What is the substance that includes 20% of the defects? Who will take courage to carry out serious researches in the crystals with such degree of 'defectiveness'?

In the above context, one may also note the known approach with a special emphasis made on the role of the charged structural defects of the atomic network in the revelation of the physical and chemical properties and structural inhomogeneities of the amorphous chalcogenides. Beyond all doubt, the important achievements in the studies of the photo-induced changes in the amorphous chalcogenides were obtained in this area, where the main emphasis is given to the change in the state of the defects. However, when studying these changes an appropriate attention was not always drawn to the local structural reconstructions and revelations of metastability of the amorphous atomic network, which manifest themselves via the collective (mesoscopic) rearrangements of the atoms. This especially concerns the studies of the anisotropic (vector) properties in the non-crystalline solids.

An attempt to revise some notions based on the estimates of the specific role of the charged defects of the atomic network in the revelation of the structural metastability of certain amorphous chalcogenides, in particular,  $As_2S_3$ , was made in Ref. [22]. K. Tanaka developed the idea that the nature of so-called tails of weak absorption in these materials (Urbach edge) can be related not to the charged defects but to the presence in the atomic network of a certain part of homogeneous As-As-like atomic bonds, which form the energy states below the conduction band. The density of these states recalculated to the total number of atoms of the substance is at least ~1%, and this considerably exceeds the concentration of the charged defects according to the N. Mott's concepts [23]. Moreover, K. Tanaka challenges the decisive role of charged defects in the electron properties of the covalent amorphous chalcogenides. K. Tanaka's ideas are the object of intense discussions [24]. Nevertheless, they are quite substantiated and supported by the manifestation of different structural effects in the amorphous chalcogenides [25-26]. In our opinion, many of these controversial questions can be easily solved if one introduces generally accepted rule of constructing the ideal atomic networks and pointing out the defective structural particles in them. One of the possible variants was suggested by us above.

In this context, the differences between such notions as fluctuations and defects in the amorphous substances should be noted [27]. Gubanov was the first to estimate the parameters of fluctuations of the non-crystalline structure and related them to the existence of the localized states in the forbidden band. Statistically, the defects are also fluctuations, but they include mainly the stable discrete violations of the atomic network structure of quite large amplitude.



As a result, the defects are related to the strong changes of the nearest environment by only small number of separate atoms at almost constant environment of all other atoms. This allows several defects to be clearly and reliably identified in the structure of the solid. The fluctuations in the amorphous structure, unlike defects, are related not to the large discrete changes but to the continuum small change of the environment of some atoms with respect to the other ones.

Consider the model system of the ideal gas to clarify this question. From the point of view of the structure it is treated as extremely chaotic state with full absence of the structure. Nevertheless, such state has its own 'zero' and not completely unambiguous structure. The idea of the presence of equivocal structure of the ideal gas appears after the conditional execution of the operation of fixation of its structural particles in the space. The analysis of configurations of the particles in such momentary photograph shows that different structural particles have different environment and different local density of distribution. However, some average values of the structural parameters can be established, and the local deviations from them are called fluctuations, not defects. It is important that such deviations are not the characteristics of deviation of the ideal gas from ideality. Alternatively, the presence of the fluctuations in it is an integral intrinsic entity of the ideal gas state. Probably, such approach must make a basis for choosing the ideal

model for the amorphous solids as well. Then the model data can be different, including those, which do not require ordering, unambiguity and, at the same time, have fluctuations of the structural parameters. Unusual specific clearly defined local deviations of the amorphous structure from the ideal one, which we will call defects, must be revealed against the fluctuations of any of such ideal models.

In our opinion, the relatively small fluctuations of the structural parameters are revealed in the amorphous solids within the SRO limits at the transition from one equivalent atom to other. However, such fluctuations are the integral intrinsic entity of the ideal amorphous structure. The defects are realized against the fluctuations and are revealed in a form of quite strong violations of the structure of the atomic network.

Thus, similarly to the case of the crystals, the studies of the amorphous state must be based on the clear distinguishing of the ideal disordered atomic network and its structural defects. The notion of the defective structural particles must be taken as a basis of such distinguishing. Their pointing out among the main structural particles may be based on the two conditions: a) the concentration of the defective particles must be much less than the atomic density of the substance; b) the relevant property or the physical and chemical parameter of the defective particle must lie beyond the limits of the distribution function of this property for the main structural particles.

#### REFERENCES

- Nukui, A., Shimizugawa, Y., Morikawa, H., Ohsumi, K. RDF studies of  $\text{Ge}_x\text{S}_{1-x}$  glasses employing anomalous scattering // *J.non-cryst.solids.* – 1987. – Vol. 95-96. – №1. – P.433-439.
- Lannin, Jeffrey S. Local structural order in amorphous semiconductors // *Phys.Today.* – 1988. – Vol. 41. – №7. – P.28-35.
- Frenkel, Ya.I. Collection of selected works: In 3 vol. / Academy of Sciences. – Leningrad, 1958. – Vol. 2. – 600 p.
- Wright A.C. How much do we really know about the structure of amorphous solids // *J.non-cryst.solids.* – 1985. – Vol. 75. – №1-3. – P.15-28.
- Anderson, P.W. Trough the glass lightly. – London: Science, 1995, – 267p.
- Wright, A.C. Basic amorphography // Coherence and energy trans. for glasses (Proc. JATO workshop). – Gambuky, 1984. – P.1-44.
- Zallen, R. The physics of amorphous solids. – Chichester: Wiley classic library edition published, 1998. – 304 p.
- Pinsker, G.Z. Determination of lattice patterns in the amorphous structure // *Glass Physics and Chemistry.* – 1980. – Vol. 6. – №5. – P.521-524.
- Balmakov, M.D. The structural units of Muller in the methods of calculation of properties of glasses on their composition // *Glass Physics and Chemistry.* – 1980. – Vol. 6. – №2. – P.136-142.
- Zakis Yu.R. Defects in the glassy state material. – Riga: Zinatne, 1984. – 202 p.
- Models of Disorder. The theoretical physics of homogeneously disordered systems by Ziman J.M., Cambridge University Press Cambridge, (1979).
- Ovshinsky S.R. Fundamentals of amorphous materials // *Phys. prop. Amorph. Mater.* – Bloomfield Hills: New York-London, 1985. – P.105-155.
- Pinsker, G.Z. The structure of amorphous films // *Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR: Inorganic Materials.* – 1979. – Vol. 15. – №10. – P. 1713-1717.
- Pinsker, G.Z. Defining the parameters of the glass structure  $\text{SiO}_2$  // *Glass Physics and Chemistry.* – 1980. – Vol. 6. – №6. – P. 651-657.
- Pinsker, G.Z. Defining the parameters of the glass structure  $\text{B}_2\text{O}_3$  // *Glass Physics and Chemistry.* – 1981 – Vol. 7. – №1. – C.2 2-25.
- Balmakov, M.D. Fluctuations structure and defects in glassy semiconductors // *glassy semiconductors: Abstracts of the All-Union Conference "glassy semiconductors."* – L., 1985. – P. 234-235.
- Balmakov, M.D. The impact of fluctuations in the properties of the structure of disordered systems // *Herald of Leningrad State University: Physics and Chemistry (issue 2).* – 1982. – №10. – P. 104-106.
- Tanaka, K. Wrong bond in glasses: a comparative study of oxides and chalcogenides // *J. optoelectronics and advanced materials.* – 2002. – Vol. 4. – №3. – P. 505-512.
- Lubchenko, V., Wolynes, P.G. The microscopic quantum theory of low temperature amorphous solids // *Cond-mat 0506708.* – 2005. – P. 1-55.
- Popescu M. Structure, defects and electronic properties of amorphous semiconductors. – Chichester: Wiley-VCH, 2003. – Vol. 1. – P.1-22.
- Elliott, S.R. *Physics of Amorphous Materials.* 2nd Edn, Longman, London, 1990. 504 p.
- Tanaka, K. The charged defect exists? – *J. optoelectronics and advanced materials.* – 2001. – Vol. 3. – №2. – P.189-198.
- Mott, N.F., Davis, E.A. *Electron Processes in Non-Crystalline Materials*, Vol. 2, Clarendon Press, Oxford, (1979).
- Andriaenssens, G.J., Stesmans, A. Gap states in chalcogenide glasses. – *J. Optoelectronics and advanced materials.* – 2002. – Vol. 4. – №4. – P.837-842.
- Georgiev, D.G., Boolchand, P. Intrinsic nanoscale phase separation of bulk  $\text{As}_2\text{S}_3$  glass. – *Philosophical Magazine.* – 2003. – Vol. 83. – №4. – P.2941-2953.
- Закис Ю.П. Дефекты и флуктуации структуры в стеклообразных системах. – *Физика и химия стекла.* – 1989. – Т.15. – №2. – С.289-292.
- Губанов А.И. Квантово-электронная теория аморфных полупроводников. – М.-Л.: Из-во АН СССР, 1963. – 250 с.

## О максимальном полувнутреннем $\omega$ -спутнике $\omega$ -верной формации конечных групп

М.М. Сорокина\*, Р.А. Макухин

Брянский государственный университет имени И.Г. Петровского, Брянск, Россия

\*Corresponding author. E-mail: mmsorokina@yandex.ru

Paper received 30.11.15; Revised 05.12.15; Accepted for publication 09.12.15.

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию  $\omega$ -спутников  $\omega$ -верных формаций конечных групп. Пусть  $\mathcal{P}$  – множество всех простых чисел,  $\phi \neq \omega \subseteq \mathcal{P}$ ,  $f$  – отображение множества  $\omega \cup \{\omega'\}$  во множество всех формаций конечных групп,  $\delta$  – отображение множества  $\mathcal{P}$  во множество всех непустых формаций Фиттинга конечных групп. Формация  $F = (G \in \mathcal{G} : G/O_\omega(G) \in f(\omega') \text{ и } G/G_{\delta(p)} \in f(p) \text{ для всех } p \in \omega \cap \pi(G))$  называется  $\omega$ -верной формацией с  $\omega$ -спутником  $f$  и направлением  $\delta$ . В настоящей работе получено описание строения максимального полувнутреннего  $\omega$ -спутника  $\omega$ -верной формации с  $b_q p$ -направлением  $\delta$  для некоторого простого числа  $q \in \omega$ .

**Ключевые слова:** конечная группа; класс групп; формация групп;  $\omega$ -верная формация,  $\omega$ -спутник формации

В теории классов конечных групп центральное место занимают классы, называемые формациями. Формации были введены в рассмотрение Гашюцом в 1963 году в работе [1]. Основные положения теории формаций конечных групп представлены в монографии Л.А. Шеметкова [2]. В настоящее время наиболее изученными являются локальные формации, введенные Гашюцом в [1], и композиционные формации, определенные Л.А. Шеметковым в [3]. В 1999 году В.А. Ведерниковым были открыты  $\omega$ -верные и  $\Omega$ -расслоенные формации конечных групп, являющиеся естественным обобщением локальных и композиционных формаций конечных групп соответственно (см., например, [4, 5]). К основным видам  $\omega$ -верных формаций относятся  $\omega$ -локальные,  $\omega$ -специальные,  $\omega$ -центральные,  $\omega$ -полные формации. Основными видами  $\Omega$ -расслоенных формаций являются  $\Omega$ -композиционные,  $\Omega$ -биканонические,  $\Omega$ -канонические,  $\Omega$ -свободные формации. Изучением различных видов  $\omega$ -верных и  $\Omega$ -расслоенных формаций занимались Еловицова Ю.А., Силенок Н.В., Корпачева М.А., Демина Е.Н. и другие (см., например, [6–9]).

При изучении  $\omega$ -верных формаций существенную роль играют их внутренние  $\omega$ -спутники. Описание строения минимального внутреннего  $\omega$ -спутника  $\omega$ -верной формации приведено в [4]. В [10] получено описание строения максимального внутреннего  $\omega$ -спутника  $\omega$ -верной формации. В монографии [11] Л.А. Шеметковым и А.Н. Скибой были введены в рассмотрение полувнутренние экраны (или иначе, спутники) композиционных формаций. В [12] рассмотрены полувнутренние  $\Omega$ -спутники  $\Omega$ -расслоенной формации конечных групп.

В настоящей статье, следуя [11], вводится определение полувнутреннего  $\omega$ -спутника  $\omega$ -верной формации. Целью работы является описание строения максимального полувнутреннего  $\omega$ -спутника  $\omega$ -верной формации с  $b_q p$ -направлением, где  $q$  – некоторое простое число из  $\omega$ .

Рассматриваются только конечные группы. При доказательстве утверждений используются методы дока-

зательства теории групп и теории классов групп. Основные определения и обозначения, используемые в работе, можно найти в [2, 4, 10]. Приведем лишь некоторые из них.

*Классом групп* называется всякое множество групп, содержащие вместе с каждой своей группой  $G$  и все группы, изоморфные  $G$ .

Класс групп  $F$  называется *формацией*, если выполняются следующие условия:

- 1) из того, что  $G \in F$  и  $N$  – нормальная подгруппа группы  $G$ , следует  $G/N \in F$ ;
- 2) из  $G/N \in F$  и  $G/M \in F$  следует  $G/N \cap M \in F$ .

Класс групп  $F$  называется *классом Фиттинга*, если выполняются следующие условия:

- 1) из того, что  $G \in F$  и  $N$  – нормальная подгруппа группы  $G$ , следует  $N \in F$ ;
- 2) из того, что  $G = N_1 N_2$  и  $N_1, N_2$  – нормальные  $F$ -подгруппы группы  $G$ , следует  $G \in F$ .

Пусть  $\mathcal{P}$  – множество всех простых чисел,  $\omega$  – непустое подмножество множества  $\mathcal{P}$ ,  $\mathcal{G}$  – класс всех конечных групп,  $\mathcal{G}_\omega$  – класс всех  $\omega$ -групп, то есть таких групп  $G$ , что  $\pi(G) \subseteq \omega$ , где  $\pi(G)$  – множество всех простых делителей порядка группы  $G$ .

Через  $(X)$  обозначается класс групп, порожденный множеством групп  $X$ , т.е.  $(X)$  – пересечение всех классов групп, содержащих множество  $X$ . В частности,  $(G)$  – класс всех групп, изоморфных группе  $G$ .

Пусть  $p \in \mathcal{P}$ . Тогда  $N_p = \mathcal{G}_{\{p\}}$  – класс всех конечных  $p$ -групп,  $p' = \mathcal{P} \setminus \{p\}$ ,  $\mathcal{G}_{p'} = \mathcal{G}_{\{p'\}}$ .

Через  $G_F$  обозначается  $F$ -радикал группы  $G$ , т.е. наибольшая нормальная  $F$ -подгруппа группы  $G$ , где  $F$  – непустой класс Фиттинга групп; через  $G^F$  обозначается  $F$ -корадикал группы  $G$ , т.е. наименьшая нормальная подгруппа группы  $G$ , факторгруппа по которой принадлежит  $F$ , где  $F$  – непустая формация групп;



$O_p(G)$  и  $O_\omega(G) - N_p$ -радикал и  $G_\omega$ -радикал группы  $G$  соответственно.

Пусть  $F_1$  и  $F_2$  – классы групп. Тогда  $F_1 F_2 = (G \in G : G \text{ имеет нормальную подгруппу } N \in F_1 \text{ такую, что } G/N \in F_2)$ .

Функции  $f : \omega \cup \{\omega'\} \rightarrow \{\text{формации групп}\}$ ,  $g : P \rightarrow \{\text{формации групп}\}$ ,  $\delta : P \rightarrow \{\text{непустые формации Фиттинга}\}$  называются соответственно  $\omega F$ -функцией,  $PF$ -функцией и  $p$ -функцией. Формация  $\omega F(f, \delta) = (G \in G : G/O_\omega(G) \in f(\omega')$  и  $G/G_{\delta(p)} \in f(p)$  для всех  $p \in \omega \cap \pi(G)$ ) называется  $\omega$ -веерной формацией с  $\omega$ -спутником  $f$  и направлением  $\delta$ ; формация  $PF(g, \delta) = (G \in G : G/G_{\delta(p)} \in g(p)$  для всех  $p \in \pi(G)$ ) называется веерной формацией со спутником  $g$  и направлением  $\delta$  [4].

Направление  $\delta$   $\omega$ -веерной формации называется  $b_q$ -направлением, где  $q \in P$ , если  $\delta(q) N_q = \delta(q)$ ;  $p$ -направлением, если  $\delta(r) = G_r \delta(r)$  для любого  $r \in P$ ;  $b_q p$ -направлением, если  $\delta$  является  $b_q$ -направлением и  $p$ -направлением [10].  $\omega$ -спутник  $f$   $\omega$ -веерной формации  $F$  называется внутренним  $\omega$ -спутником, если  $f(p) \subseteq F$  для всех  $p \in \omega \cup \{\omega'\}$ .

Монолитической называется группа, обладающая единственной минимальной нормальной подгруппой (монолитом).

Приведем несколько утверждений, используемых при доказательстве основного результата статьи.

**Лемма 1** (Лемма 4 [4]). Пусть  $F = \omega F(f, \delta)$ , где  $\delta$  – произвольная  $PFR$ -функция. Тогда справедливы следующие утверждения:

- (1)  $F = \omega F(g, \delta)$ , где  $g(p) = f(p) \cap F$  для любого  $p \in \omega \cup \{\omega'\}$ ;
- (2)  $F = \omega F(h, \delta)$ , где  $h(\omega') = F$  и  $h(p) = f(p)$  для любого  $p \in \omega$ .

**Лемма 2** (Лемма 2 [10]). Пусть  $F = \omega F(f, \delta)$  с  $p$ -направлением  $\delta$ . Тогда

- (1) если  $p \in \omega$ ,  $G/O_p(G) \in F$  и  $G/G_{\delta(p)} \in f(p)$ , то  $G \in F$ ;
- (2) если  $G/O_\omega(G) \in F$  и  $G/O_\omega(G) \in f(\omega')$ , то  $G \in F$ ;
- (3) если  $G/M \in F$ ,  $G/G_{\delta(p)} \in f(p)$  для любого  $p \in \omega \cap \pi(M)$  и  $G/O_\omega(G) \in f(\omega')$ , то  $G \in F$ .

**Лемма 3** (Лемма 5 [10]). Пусть  $F$  –  $\omega$ -веерная формация с  $\omega$ -спутником  $f$  и  $b_p$ -направлением  $\delta$ . Тогда выполняются следующие утверждения:

- (1)  $O_p(G/G_{\delta(p)}) = 1$  для любой группы  $G$ ;
- (2)  $F$  обладает  $\omega$ -спутником  $g$  таким, что  $g(q) = f(q)$  для всех  $q \in \{\omega'\} \cup (\omega \setminus \{p\})$  и  $g(p) = N_p f(p)$ .

Следуя [11],  $\omega$ -спутник  $f$   $\omega$ -веерной формации  $F$  назовем полувнутренним  $\omega$ -спутником, если из  $f(p) \neq G$  следует, что  $f(p) \subseteq F$ , для всех  $p \in \{\omega'\} \cup \omega$ . Аналогично,  $f$  – полувнутренний спутник веерной формации  $F$ , если из  $f(p) \neq G$  следует, что  $f(p) \subseteq F$  для любого  $p \in P$ . Максимальным полувнутренним  $\omega$ -спутником (спутником)  $\omega$ -веерной (веерной) формации  $F$  называется максимальный элемент множества всех полувнутренних  $\omega$ -спутников (спутников) формации  $F$ .

**Теорема 1.** Пусть  $q \in \omega$ ,  $F$  –  $\omega$ -веерная формация с  $b_q p$ -направлением  $\delta$ . Тогда  $F$  обладает максимальным полувнутренним  $\omega$ -спутником  $f$  таким, что  $f(r) = h(r)$  для всех  $r \in \{\omega'\} \cup (\omega \setminus \{q\})$  и  $f(q) = N_q h(q)$ , где  $h$  – произвольный полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ .

**Доказательство.** Ввиду леммы 1 (1),  $\omega$ -веерная формация  $F$  обладает внутренними  $\omega$ -спутниками. Поскольку всякий внутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$  является полувнутренным, то множество всех полувнутренних  $\omega$ -спутников формации  $F$  не пусто. Пусть  $h$  – произвольный полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ . Так как  $\delta$  является  $b_q$ -направлением, то по лемме 3 (2) формация  $F$  обладает  $\omega$ -спутником  $f$  таким, что  $f(q) = N_q h(q)$  и  $f(r) = h(r)$  для всех  $r \in \{\omega'\} \cup (\omega \setminus \{q\})$ .

Покажем, что  $f$  является полувнутренным  $\omega$ -спутником формации  $F$ . Действительно, так как  $h$  – полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ , то для любого  $r \in \{\omega'\} \cup \omega$  либо  $h(r) = G$ , либо  $h(r) \subseteq F$ . Следовательно, в силу строения  $f$ , для всех  $r \in \{\omega'\} \cup (\omega \setminus \{q\})$  если  $f(r) \neq G$ , то  $f(r) \subseteq F$ . Далее, пусть  $r = q$ . Если  $h(q) = G$ , то  $f(q) = N_q h(q) = N_q G = G$ . Пусть  $h(q) \neq G$ . Тогда, согласно определению полувнутреннего  $\omega$ -спутника  $\omega$ -веерной формации,  $h(q) \subseteq F$ . Покажем, что в этом случае  $f(q) \subseteq F$ .

Допустим,  $f(q) \not\subseteq F$  и  $G$  – группа наименьшего порядка из  $f(q) \setminus F$ . Тогда  $G$  является монолитической группой с монолитом  $M = G^F$ . Покажем, что  $G/O_q(G) \in F$ . Если  $O_q(G) = 1$ , то из  $G \in f(q) = N_q h(q)$  следует, что  $G \in h(q)$ , и, ввиду  $h(q) \subseteq F$ , получаем  $G \in F$ . Противоречие. Следовательно,  $O_q(G) \neq 1$ . Тогда  $M \subseteq O_q(G)$  и, значит,  $G/O_q(G) \cong (G/M)/(O_q(G)/M) \in F$ . Таким образом,  $G/O_q(G) \in F$ . Установим, что  $G/G_{\delta(p)} \in h(q)$ . Поскольку  $G \in f(q)$ , то  $G/G_{\delta(q)} \in f(q) = N_q h(q)$ . Это означает, что  $(G/G_{\delta(q)})/O_q(G/G_{\delta(q)}) \in h(q)$ .

Согласно лемме 3 (1),  $O_q(G/G_{\delta(q)})=1$ . Поэтому  $G/G_{\delta(q)} \in h(q)$ . Так как  $\delta$  является  $p$ -направлением, то из  $q \in \omega$ ,  $G/O_q(G) \in F$  и  $G/G_{\delta(q)} \in h(q)$  по лемме 2 (1) имеем  $G \in \omega F(h, \delta) = F$ . Получили противоречие. Следовательно,  $f(q) \subseteq F$ . Тем самым установлено, что  $f$  является полувнутренним  $\omega$ -спутником формации  $F$ .

Из строения  $\omega$ -спутника  $f$  вытекает, что  $h \leq f$  для любого полувнутреннего  $\omega$ -спутника  $h$  формации  $F$ . Поэтому  $f$  – максимальный полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ . Теорема доказана.

В случае, когда  $\omega = P$ , из теоремы 1 непосредственно получаем следующее утверждение для веерных формаций.

**Следствие 1.1.** Пусть  $q \in P$ ,  $F$  – веерная формация с  $b_q p$ -направлением  $\delta$ . Тогда  $F$  обладает максимальным полувнутренним спутником  $f$  таким, что  $f(r) = h(r)$  для всех  $r \in P \setminus \{q\}$  и  $f(q) = N_q h(q)$ , где  $h$  – произвольный полувнутренний спутник формации  $F$ .

Напомним, что  $\omega$ -веерная формация  $F$  с направлением  $\delta$  называется  $\omega$ -локальной формацией, если  $\delta(q) = G_q N_q$  для всех  $q \in P$ ;  $\omega$ -специальной формацией, если  $f(q) = G_{(Zq)} N_q$  для всех  $q \in P$ ;  $\omega$ -центральной формацией, если  $\delta(q) = S_{c_q}$  для всех  $q \in P$ , где  $S_{c_q}$  – класс всех конечных групп, у которых каждый главный  $q$ -фактор централен. Направления  $\omega$ -локальной,  $\omega$ -специальной и  $\omega$ -центральной формаций обозначаются соответственно  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  и  $\delta_3$  [10].

Поскольку  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$  являются  $b_q p$ -направлениями для любого простого числа  $q$ , то из теоремы 1 получаем следующие результаты.

**Следствие 1.2.** Пусть  $F$  –  $\omega$ -локальная формация. Тогда  $F$  обладает максимальным полувнутренним  $\omega$ -спутником  $f$  таким, что  $f(r) = N_r h(r)$  для любого  $r \in \omega$ , где  $h$  – произвольный полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ .

**Доказательство.** Пусть  $q$  – некоторое простое число из  $\omega$ . Согласно теореме 1, формация  $F$  обладает максимальным полувнутренним  $\omega$ -спутником  $f$  таким, что  $f(q) = N_q h(q)$  и  $f(r) = h(r)$  (1) для всех  $r \in \{\omega' \} \cup (\omega \setminus \{q\})$ , где  $h$  – произвольный полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ .

Пусть  $r \in \omega \setminus \{q\}$ . Покажем, что  $f(r) = N_r h(r)$ . Поскольку направление  $\delta_1$  является  $b, p$ -направлением, то по теореме 1  $F$  обладает максимальным полувнутренним  $\omega$ -спутником  $f_1$  таким, что  $f_1(r) = N_r h(r)$  (2). Так

как в (1)  $h$  – произвольный полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ , то выбирая для (1) в качестве  $h$   $\omega$ -спутник  $f_1$ , из (1) и (2) получаем  $f(r) = f_1(r) = N_r h(r)$  для любого  $r \in \omega \setminus \{q\}$ . Следствие доказано.

**Следствие 1.3.** Пусть  $F$  –  $\omega$ -специальная формация. Тогда  $F$  обладает максимальным полувнутренним  $\omega$ -спутником  $f$  таким, что  $f(r) = N_r h(r)$  для любого  $r \in \omega$ , где  $h$  – произвольный полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ .

**Следствие 1.4.** Пусть  $F$  –  $\omega$ -центральная формация. Тогда  $F$  обладает максимальным полувнутренним  $\omega$ -спутником  $f$  таким, что  $f(r) = N_r h(r)$  для любого  $r \in \omega$ , где  $h$  – произвольный полувнутренний  $\omega$ -спутник формации  $F$ .

Следующая теорема устанавливает взаимосвязь между произвольными полувнутренними  $\omega$ -спутниками  $\omega$ -веерной формации  $F$  с  $b_q p$ -направлением, где  $q \in \omega$ .

**Теорема 2.** Пусть  $q \in \omega$ ,  $h_1$  и  $h_2$  – произвольные полувнутренние  $\omega$ -спутники  $\omega$ -веерной формации  $F$  с  $b_q p$ -направлением  $\delta$ ,  $G$  – группа. Тогда и только тогда  $G/G_{\delta(q)} \in h_1(q)$ , когда  $G/G_{\delta(q)} \in h_2(q)$ .

**Доказательство.** 1. Пусть  $G/G_{\delta(q)} \in h_1(q)$ . Согласно теореме 1, формация  $F$  обладает максимальным полувнутренним  $\omega$ -спутником  $f$  таким, что  $f(q) = N_q h_1(q) = N_q h_2(q)$ . Установим, что  $G/G_{\delta(q)} \in h_2(q)$ . Если  $h_2(q) = G$ , то  $G/G_{\delta(q)} \in h_2(q)$ . Пусть  $h_2(q) \neq G$ . Тогда  $N_q h_1(q) = N_q h_2(q) \neq G$ . Поскольку  $G/G_{\delta(q)} \in h_1(q)$  и  $h_1(q) \subseteq N_q h_1(q)$ , то  $G/G_{\delta(q)} \in N_q h_2(q)$ . Это означает, что  $(G/G_{\delta(q)})/O_q(G/G_{\delta(q)}) \in h_2(q)$ . Так как по лемме 3 (1)  $O_q(G/G_{\delta(q)})=1$ , то  $G/G_{\delta(q)} \in h_2(q)$ .

2. Пусть  $G/G_{\delta(q)} \in h_2(q)$ . Проводя аналогичные рассуждения, как и в пункте 1, получим  $G/G_{\delta(q)} \in h_1(q)$ . Следствие доказано.

В случае, когда  $\omega = P$ , из теоремы 2 непосредственно вытекает утверждение для веерных формаций.

**Следствие 2.1.** Пусть  $q \in P$ ,  $h_1$  и  $h_2$  – произвольные полувнутренние спутники веерной формации  $F$  с  $b_q p$ -направлением  $\delta$ ,  $G$  – группа. Тогда и только тогда  $G/G_{\delta(q)} \in h_1(q)$ , когда  $G/G_{\delta(q)} \in h_2(q)$ .

Таким образом, в работе для  $\omega$ -веерной формации  $F$  с  $b_q p$ -направлением  $\delta$ , где  $q$  – некоторое простое число из  $\omega$ , получено описание строения максимального полувнутреннего  $\omega$ -спутника, на основе которого рассмотрена взаимосвязь между произвольными полувнутренними  $\omega$ -спутниками формации  $F$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Gaschütz, W. Zur Theorie der endlichen auflösbaren Gruppen // Math. Z., 1963. Vol. 80, № 4. S. 300-305.
2. Шеметков Л.А. Формации конечных групп. М.: Наука, 1978.
3. Шеметков Л.А. Ступенчатые формации групп // Матем. сб., 1974. Т. 94. № 4. С. 628-648.
4. Ведерников В.А., Сорокина М.М.  $\omega$ -верные формации и классы Фиттинга конечных групп // Математические заметки, 2002. Т. 71. Вып. 1. С. 43-60.
5. Ведерников В.А., Сорокина М.М.  $\Omega$ -расслоенные формации и классы Фиттинга конечных групп // Дискретная математика, 2001. Т.13. Вып. 3. С. 125-144.
6. Ведерников В.А., Демина Е.Н.  $\Omega$ -расслоенные формации мультиоператорных Т-групп // Сиб. матем. ж., 2010. Т. 51. № 5. С. 990-1009.
7. Еловицова Ю.А. О тождествах решеток  $\Omega$ -канонических формаций // Вестник Брянского государственного университета, 2012. № 4. С. 12-16.
8. Корпачева М.А., Сорокина М.М. Критические  $\omega$ -верные  $\tau$ -замкнутые формации конечных групп // Дискретная математика, 2011. Т. 23. Вып. 1. С. 94-101.
9. Сорокина М.М., Силенок Н.В. Критические  $\Omega$ -расслоенные формации конечных групп // Математические заметки, Т. 72, Вып. 2, 2002. С. 269-282.
10. Ведерников В.А. О новых типах  $\omega$ -верных формаций конечных групп // Укр. Матем. Конгресс. Алг. і теор. чисел. Праці. Киев, 2002. С. 36-45.
11. Шеметков Л.А., Скиба А.Н. Формации алгебраических систем. М.: Наука, 1978.
12. Сорокина М.М. Полувнутренние  $\Omega$ -спутники  $\Omega$ -расслоенных формаций конечных групп // Вестник Брянского государственного университета, 2013. №4. С. 46-48.

#### REFERENCES

1. Gaschütz, W. Zur Theorie der endlichen auflösbaren Gruppen // Math. Z., 1963. Vol. 80, № 4. S. 300-305.
2. Shemetkov, L.A. Formations of finite groups. M.: Nauka, 1978.
3. Shemetkov, L.A. Stepped formations of groups // Math. sbornik, 1974. Vol. 94. № 4. P. 628-648.
4. Vedernikov, V.A., Sorokina M.M.  $\omega$ -fibered formations and Fitting classes of finite groups // Matematicheskiye zametki, 2002. Vol. 71. № 1. P. 43-60.
5. Vedernikov, V.A., Sorokina M.M.  $\Omega$ -foliated formations and Fitting classes of finite groups // Diskretnaya matematika, 2001. Vol. 13. № 3. P. 125-144.
6. Vedernikov, V.A., Dyomina Y.N.  $\Omega$ -foliated formations of multi-operator T-groups // Syb.Math.J., 2010. Vol. 51. № 5. P. 990-1009.
7. Yelovikova, Y.A. On identities of lattices  $\Omega$ -canonical formations // Herald of Bryansk State University, Bryansk, 2012. № 4. P. 75-79.
8. Korpacheva, M.A., Sorokina M.M. Critical  $\omega$ -fibered  $\tau$ -closed formations of finite groups // Diskretnaya matematika, 2011. Vol. 23. № 1. P. 94-101.
9. Sorokina, M.M., Silenok N.V. Critical  $\Omega$ -foliated formations of finite groups // Matematicheskiye zametki, 2002. Vol. 72. № 2. P. 269-282.
10. Vedernikov, V.A. On new types of  $\omega$ -fibered formations of finite groups // Ukr. matem. kongress. Alg. i teor. chisel. Pratsi, Kiyev, 2002. P. 36-45.
11. Shemetkov, L.A., Skiba A.N. Formations of algebraic systems. M.: Nauka, 1978.
12. Sorokina, M.M. Semi-inner  $\Omega$ -satellites of  $\Omega$ -foliated formations of finite groups // Herald of Bryansk State University, Bryansk, 2013. № 4. P. 46-48.

#### On a maximal semi-inner $\omega$ -satellite of an $\omega$ -fibered formation of finite groups

M.M. Sorokina, R.A. Makukhin

**Abstract.** The work is devoted to investigation of  $\omega$ -satellites of  $\omega$ -fibered formations of finite groups. Let  $\mathbf{P}$  be the set of all primes,  $\emptyset \neq \omega \subseteq \mathbf{P}$ , let  $f$  be a mapping of  $\omega \cup \{\omega'\}$  into the set of all formations of finite groups, let  $\delta$  be a mapping of  $\mathbf{P}$  into the set of all Fitting formations of finite groups. A formation  $\mathbf{F} = (G \in \mathbf{G} : G/O_\omega(G) \in f(\omega') \text{ and } G/G_{\delta(p)} \in f(p) \text{ for all } p \in \omega \cap \pi(G))$  is called an  $\omega$ -fibered formation with the  $\omega$ -satellite  $f$  and the direction  $\delta$ . In this paper we describe the structure of the maximal semi-inner  $\omega$ -satellite of the  $\omega$ -fibered formation with the  $b_q p$ -direction  $\delta$  for some prime  $q \in \omega$ .

**Keywords:** a finite group; a class of groups; a formation of groups; an  $\omega$ -fibered formation, an  $\omega$ -satellite of a formation

## Вплив податливості до зсуву та стиснення на деформативність рівномірно нагрітої композитної пластини-смуги

М.В. Марчук<sup>1,2</sup>, В.С. Пакош<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів, Україна

<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Paper received 04.12.15; Revised 10.12.15; Accepted for publication 12.12.15.

**Анотація.** Запропоновані співвідношення уточненої теорії термопружності податливих до трансверсальних зсуву та стиснення пластин-смуг. У випадку рівномірного нагріву за шарнірного закріплення на торцях нижньої лицевої площини знайдено аналітичний розв'язок. Проаналізовано вплив параметрів податливості до зсуву та стиснення на деформативність.

**Ключові слова:** композитна пластини-смуга, термопружність, податливість до зсуву та стиснення, деформативність

**Вступ.** Композитні елементи пластинчастого типу є досить поширеними навантаженими складовими відповідальних конструкцій різноманітного цільового призначення, котрі піддаються впливу інтенсивних температурних полів [7]. Це зумовлено їхніми високими питомими міцнісними характеристиками та нижчою в порівнянні з традиційними матеріалами матеріалоемісттю. Для оцінки надійності вказаних елементів експлуатаційних умовах поряд з розрахунком на дію силових факторів необхідно також оцінювати їхню реакцію на вплив температурних напружень.

**Аналіз досліджень по темі.** Для випадку традиційних ізотропних матеріалів термопружний стан вказаних об'єктів детально досліджений на основі класичної теорії пластин [5, 6, 9]. Ефекти впливу врахування податливості до трансверсального зсуву вивчені на основі узагальненої теорії в працях [2, 3]. Однак, елементи конструкцій із сучасних армованих композиційних матеріалів на полімерній основі, окрім вказаної властивості, мають значну податливість також до трансверсального стиснення [1, 8]. Для визначення впливу на термопружний стан вказаного фактора необхідно використовувати дво- або тривимірні співвідношення термопружності, що не завжди дає змогу отримати точний або коректний числовий розв'язок, або ж теорії вищих порядків [10, 11].

**Мета дослідження.** На основі двовимірних співвідношень термопружності отримані рівняння уточненої теорії пластин-смуг, що дають можливість врахувати вплив податливості до трансверсальних деформацій як зсуву, так і стиснення.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

**1. Формулювання задачі.** Розглянемо трансферсальний ортотропний пружний шар товщини  $2h$ , який віднесено до ортогональної системи координат  $x_i$ ,  $i = 1, 2, 3$  з початком у центрі перерізу  $x_2 = 0$ . Вважаємо, що цей шар має значно більший розмір уздовж осі  $x_2$  проти довжини перерізу  $x_2 = 0$  серединної площини  $x_3 = 0$ . Тоді, якщо умови закріплення торців шару  $x_1 = \pm l$  та умови навантаження не залежать від координати  $x_2$ , то через незначний вплив умов закріплення країв  $x_2 = \pm b$  функції, які визначають термопружний стан залежать лише від координат  $x_1, x_3$ . Співвідношенням Дюамеля-Неймана [5] надамо вигляду

$$\begin{aligned} e_1 &= \frac{1}{E} \sigma_1 - \frac{\nu}{E} \sigma_2 - \frac{\nu'}{E'} \sigma_3 + \alpha_T T; \\ 0 &= -\frac{\nu}{E} \sigma_1 + \frac{1}{E} \sigma_2 - \frac{\nu'}{E'} \sigma_3 + \alpha_T T; \\ e_3 &= -\frac{\nu}{E} (\sigma_1 + \sigma_2) + \frac{1}{E'} \sigma_3 + \alpha'_T T. \end{aligned}$$

Звідси записуємо вирази для  $\sigma_1$  і  $\sigma_3$ , необхідні для подальших викладок:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{E}{1-\nu-2\nu\nu'} \left[ \frac{1-\nu\nu'}{1+\nu} e_1 + \nu' e_3 - (\alpha_T + \nu' \alpha'_T) T \right], \\ \sigma_3 &= E_0 [e_3 + \lambda e_1 - (2\lambda \alpha_T + \alpha'_T) T], \end{aligned}$$

де  $E_0 = E'(1-\nu)/\delta^2$ ,  $\delta^2 = 1-\nu-2(\nu')^2(E/E')$ ,  $\lambda = \nu'(E/E')/(1-\nu)$ ;  $E, \nu$  – модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона в серединній та еквідистантній їй площинах;  $E', \nu'$  – ті ж величини у перпендикулярних до серединної площинах;  $\alpha_T$  і  $\alpha'_T$  – коефіцієнти лінійного температурного розширення в напрямках  $x_1$  та  $x_3$  відповідно.

Розвинення компонент вектора переміщення, тензорів деформацій та напружень при одночасному задоволенні однорідних крайових умов у напруженнях на лицевих площинах [4] з використанням (1) дає змогу отримати співвідношення уточненої термопружності податливих до трансверсальних зсуву та стиснення пластин-смуг, що містять

– рівняння рівноваги:

$$N' = 0, \quad M' - Q_0 = 0, \quad Q'_0 = 0, \quad Q'_1 - 6\sigma_3^0 = 0;$$

– співвідношення термопружності:

$$N = \bar{B}(e_1^0 + \lambda e_3^0) - N_T, \quad M = \bar{D}\bar{e}_1^1 - M_T,$$

$$Q_0 = \Lambda \cdot 2e_{13}^0, \quad Q_1 = \frac{3}{4} \Lambda \cdot 2e_{13}^1,$$

$$\sigma_3^0 = \frac{5}{6} E_0 [e_3^0 + \lambda e_1^0 - (2\lambda \alpha_T + \alpha'_T) T_0];$$

– деформаційні співвідношеннями:

$$e_1^0 = u', \quad \bar{e}_1^1 = \gamma', \quad 2e_{13}^0 = \gamma + w', \quad 2e_{13}^1 = w'_1, \quad e_3^0 = w'_1/h.$$

У рівностях (2) – (4) вжиті загальноприйняті позначення для розтягувального  $N$ , перерізувального  $Q_0$  та стискувального  $Q_1$  зусиль і згинного моменту  $M$ ; компонент тензора напружень  $\sigma_{ij}$ , переміщень  $u$  точок серединної площини в тангенціальному напрямку  $x_1$ , кута повороту  $\gamma$  нормального до серединної площини елемента перед деформуванням; переміщення  $w$

точок серединної площини вздовж нормальної координати  $x_3$ , переміщення  $w_1$  точок лицевих площин вздовж нормальної координати, поздовжньої  $e_1^0$  та згинної  $\bar{e}_1^1$  деформацій, трансверсальних деформацій зсуву  $e_{13}^0$  і стиснення  $e_{13}^1$  та  $e_3^0$ , а також для введених жорсткісних характеристик:  $\bar{B} = 2Eh(1+\alpha)/(1-\nu^2)$  – узагальненої жорсткості на розтяг,  $\bar{D} = h^2\bar{B}/3$  – узагальненої згинної жорсткості,  $\Lambda = 2k'hG'$  – зсувної жорсткості,  $\alpha = (1+\nu)(\nu')^2(E/E')/\delta^2$ ,  $G'$  – трансверсального модуля зсуву; температурних розтягувального зусилля  $N_T = \bar{B}\beta_T T_0$  і згинного моменту  $M_T = \bar{D}\beta_T T_1/h$ ,  $T = T_0(x_1) + T_1(x_1)(x_3/h)$  – температурного поля в пластині-смузі,  $\beta_T = \frac{1+\nu}{1-\nu}\alpha_T$ ,  $k' = 14/15$ .

Крайові умови при  $x = \pm l$  за шарнірного закріплення пластини на нижніх ребрах торців мають вигляд

$$N(\pm l) = 0, \quad u(\pm l) \pm h\gamma(\pm l) = 0, \\ w(\pm l) - w_1(\pm l) = 0, \quad Q_1(\pm l) = 0.$$

Рівняння (2) разом із співвідношеннями (3) та (4) і крайовими умовами (5) описують термопружний стан пластини-смуги, викликаний температурним полем  $T$ , і явно враховують податливість до трансверсальних зсуву та стиснення.

**2. Відшукання розв'язку задачі.** Розглянемо випадок рівномірного нагріву пластини-смуги, тобто, коли  $T_0 = const$ , а  $T_1 = 0$ . У цьому випадку система розв'язувальних рівнянь після почергової підстановки (4) в (3) і результату в (2) набуде вигляду при  $\nu = \nu'$ ,  $\alpha_T = \alpha'_T$ ,  $E = E'$ :

$$u' + \lambda w_1/h = C_1/\bar{B} + \beta_T T_0, \\ w'' - \frac{20}{3} \frac{E_0}{\Lambda} (w_1/h + \lambda u' - \beta_T T_0) = 0, \\ \gamma'' - \kappa^2(\gamma + w') = 0, \quad \kappa^2 = \Lambda/\bar{D}, \\ \gamma' + w'' = 0,$$

де константу  $C_1$  слід визначати з крайових умов.

З рівнянь (6) – (9) при  $w_1 \equiv 0$  отримуємо випадок застосування теорії на основі зсувної моделі С.П. Тимошенка [8]. Всі характеристики термопружного деформування тоді визначаються через функцію прогину серединної площини  $w(x)$ , для якої маємо вираз

$$w = \frac{\alpha_T(1+\nu)T_0}{2h}(l^2 - x^2).$$

Очевидно, що при  $T > 0$  будемо мати вигнуту в напрямку осі  $x_3$  пластину, а при  $T < 0$  – ввігнуту.

Оскільки температурне навантаження  $T_0$  не входить у співвідношення термопружності для зсувних складових, то ідентичний результат отримаємо також для випадку застосування класичної теорії пластин.

За явною врахування стиснення функція  $w_1$ , що характеризує зміну довжини нормального елемента, і

тангенціальне переміщення  $u$  задовольняють систему рівнянь (6) – (7), а для прогину серединної площини  $w$  та кута повороту нормалі  $\gamma$  маємо формули

$$w = a_1 + a_2 x^2, \quad (11)$$

$$\gamma = -w', \quad (12)$$

де сталі  $a_1$  і  $a_2$  визначаємо з другої та третьої рівностей в умовах (5).

Для визначення функції  $w_1$  із системи (6) – (7) маємо рівняння

$$w_1'' - \frac{k^2}{h^2} w_1 = -\frac{k^2}{h}(1-\nu)\beta_T T_0, \quad k^2 = \frac{10}{3} \frac{B}{\Lambda},$$

розв'язок якого має вигляд

$$w_1 = C_3 sh(kx/h) + C_4 ch(kx/h) + h(1-\nu)\beta_T T_0.$$

З умови симетрії  $w_1(-x) = w_1(x)$  та четвертої рівності в (5) маємо  $C_3 = 0$ ,  $C_4 = 0$ .

Для тангенціального переміщення  $u$  точок серединної площини з (6) отримуємо

$$u = \alpha_T(1+\nu)T_0 x. \quad (13)$$

З урахуванням (12) з другої рівності в (5) знаходимо коефіцієнт  $a_2$  для виразу (11)

$$a_2 = -\alpha_T(1+\nu)T_0/2h \quad (14)$$

Тоді третя рівність в (5) набере вигляду

$$a_1 - \frac{\alpha_T(1+\nu)T_0}{2h} l^2 - h\alpha_T(1+\nu)T_0 = 0,$$

звідки

$$a_1 = \alpha_T(1+\nu)T_0(h + l^2/2h).$$

Таким чином, функція прогину серединної площини при врахуванні податливості до стиснення набере вигляду

$$w = \frac{\alpha_T(1+\nu)T_0}{2h} \left( \frac{h^2}{2} + l^2 - x^2 \right) \quad (6)$$

**Результати та їх аналіз.** Деформативність пластини-смуги (максимальний прогин серединної площини) без врахування податливості до стиснення (класична та зсувна теорії пластин) визначаємо з (10)<sup>(8)</sup>

$$w_{(1)} = \frac{\alpha_T(1+\nu)T_0}{2h} l^2, \quad (9)$$

а з урахуванням – з (16)

$$w_{(2)} = \frac{\alpha_T(1+\nu)T_0}{2h} \left( \frac{h^2}{2} + l^2 \right).$$

Ввівши позначення  $\eta = w_{(2)}/w_{(1)}$  з (17) – (18) отримаємо

$$\eta = 1 + \frac{\varepsilon^2}{2}, \quad (10)^{(19)}$$

де  $\varepsilon = h/l$  – параметр тонкостінності.

**Висновки.** Урахування податливості до стиснення ізотропного матеріалу пластини-смуги спричиняє незначне підвищення деформативності (тобто, пониження жорсткості), оскільки  $\eta > 1$  завжди (згідно з (19)). У подальшому такі дослідження необхідно провести для загального випадку трансверсальної ортотропії термопружних характеристик матеріалу та різних крайових умов на видовжених торцях.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
2. Максимук О.В., Махницький Р.М., Щербина Н.М. Математичне моделювання та методи розрахунку тонкостінних композитних конструкцій. – Львів: Національна академія наук України. ІППММ ім. Я.С. Підстригача, 2005. – 396 с.
3. Пелех Б.Л. Теория оболочек с конечной сдвиговой жесткостью. – Киев: Наук. думка, 1973. – 248 с.
4. Пелех Б.Л., Марчук М.В. Обобщенная нелинейная теория термоупругих оболочек с учетом трансверсальных деформаций // Температурные задачи и устойчивость пластин и оболочек. Межвузовский науч. сб. – Саратов: Изд-во СГУ, 1988. – С. 6-8.
5. Подстригач Я.С., Швець Р.Н. Термоупругость тонких оболочек. – К.: Наук. думка, 1978. – 344 с.
6. Подстригач Я.С., Коляно Ю.М. Обобщенная термомеханика. – Киев: Наук. думка, 1976. – 310 с.
7. Прочность ракетных конструкций / Под ред. В.И. Москаковского. – М.: Высшая школа, 1990.
8. Christensen, R.M. Mechanics of composite materials. – New York: J. Wiley & Sons, 1979. – 348 p.
9. Encyclopedia of Thermal Stresses / Hetnarski, R.B. (ed.). – Springer, 2014. – Vol. 1 – Vol. 11.
10. Youssef, H.M. and El-Bary, A.A. Generalized Thermoelastic Infinite Layer Subjected to Ramp-Type Thermal and Mechanical Loading under Three Theories – State Space Approach // Journal of Thermal Stresses, Vol. 32, No. 12, 2009, pp. 1293-1310. DOI:10.1080/01495730903249276.
11. Dimitrienko, Yu.I., Yakovlev, D.O. The Asymptotic Theory of Thermoelasticity of Multilayer Composite Plates // Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal. – Vol. 6, Issue 1, 2015, P. 13-51. DOI: 10.1615/CompMechComputApplIntJ.V6.I1.20.

#### REFERENCES

1. Composite Materials: Handbook / Vasilyev, V.V., Protasov, V.D., Bolotin, V.V., etc.; Vasilyev, V.V. and Tarnopolsky, Yu.M. (ed.). – М.: Mechanical Engineering, 1990 – 512 p.
2. Maksymuk, O.V., Mahnitskyu, R.M., Shcherbyna, N.M. Mathematical Modeling and Calculation Methods of Thin-Walled Composite Structures. – Lviv: National Academy of Sciences of Ukraine. Pidstryhach IAPMM, 2005. – 396 p.
3. Pelekh, B.L. Theory of Shells with Finite Shear Stiffness. – Kiev: Nauk. dumka, 1973. – 248 p.
4. Pelekh, B.L., Marchuk M.V. Generalized Nonlinear Theory of Thermo-Elastic Shells taking into account the Transversal Deformations // Temperature Problem and the Stability of Plates and Shells. Interuniv. Sci. Comp. – Saratov: Saratov State University Publishing House, 1988. – С. 6-8.
5. Podstrigach, Ya.S., Shvets, R.N. Thermoelasticity of Thin Shells. – К.: Nauk. dumka, 1978. – 344 p.
6. Podstrigach, Y.S., Kolyano, Yu.M. Generalized Thermomechanics. – Kiev: Nauk. dumka, 1976. – 310 p.
7. Strength of Rocket Constructions / Mossakovskii, V.I. (ed.). – М.: Higher School, 1990.
8. Christensen, R.M. Mechanics of composite materials. – New York: J. Wiley & Sons, 1979. – 348 p.
9. Encyclopedia of Thermal Stresses / Hetnarski, R.B. (ed.). – Springer, 2014. – Vol. 1 – Vol. 11.
10. Youssef, H.M. and El-Bary, A.A. Generalized Thermoelastic Infinite Layer Subjected to Ramp-Type Thermal and Mechanical Loading under Three Theories – State Space Approach // Journal of Thermal Stresses, Vol. 32, No. 12, 2009, pp. 1293-1310. DOI:10.1080/01495730903249276.
11. Dimitrienko, Yu.I., Yakovlev, D.O. The Asymptotic Theory of Thermoelasticity of Multilayer Composite Plates // Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal. – Vol. 6, Issue 1, 2015, P. 13-51. DOI: 10.1615/CompMechComputApplIntJ.V6.I1.20.

#### **The influence pliability to shear and compression on the deformability uniformly heated of composite plate-strip M.V. Marchuk, V.S. Pakosh**

**Abstract.** The relations of the refined theory of thermoelasticity for the plates-strips pliable to transversal shear and compression are obtained. In the case of uniform heating at hinge fixing on the end faces of lower facial plane the analytical solution is found. The influence of parameters pliability to shear and compression on deformability is analyzed.

**Keywords:** composite plate-strip, thermoelasticity, pliability to shear and compression, deformability

## The efficiency improvement of the permanent voice control over the ATC actions

V.A. Temnikov\*, A.V. Peteichuk

Department of information security resources, National Aviation University, Kiev, Ukraine

\*Corresponding author. E-mail: temnikov\_v@ukr.net

Paper received 05.12.15; Revised 10.12.15; Accepted for publication 15.12.15.

**Abstract.** Security in transport, energy and other industries that use the dispatcher labor significantly depends on their actions correctness. Traffic controller's mistakes can be caused by their being in a nervous and emotional stress that are constantly experienced in relation to high responsibility for their decisions. One of the ways to reduce the accidents number that may occur during the dispatchers personal mistakes proposes to perform an automatic permanent control over the traffic controller's actions during their operations. Current article describes the concepts and main stages of voice control over the air traffic controller (ATC) actions. Proposed control allows preventing staying on the ATC working place unauthorized person or ATC staying in appropriate emotional state (ES). Conclusion about violations is made by means of authentication and monitoring results of ATC. These results are based on analysis of ES informative parameters of the speech signal taken from the microphone output. Presents the study's results of phonemes pitch frequency values of Russian language in a different words and phrases. These results justify the usefulness of monitoring by selected from ATC continuous speech key fragments which are parts of words (phrases) commonly used in the traffic controllers operation. Key speech fragments informative parameters are determined based on separate frames (during authentication by means of short-term analysis) and single phonemes (during ES monitoring) on which key fragments are segmented. Leads the principles of the subsystems construction of recognition and identification the key speech fragments from continuous speech, also developed authentication control system over the ATC actions. The work of the first mentioned subsystems is based on developed approach to the automatic words recognition in continuous speech taken into account the specific of ATC operation. Authentication subsystem is based on trained ANN to recognize the controlled persons. Grounded choices of informative parameters allow increasing the percentage of accurate authentication above 98% and significantly reduce the implementation time, which provided subsystem operation in real time.

**Keywords:** Air traffic controller (ATC), authentication, emotional states monitoring, pitch frequency, phoneme

### Introduction

The human-factor aspect has a significant impact on security in various industries. More particularly: the aviation safety significantly reliant on correct action of ATC. Mistakes in their work can be caused by the ATC emotional state (ES) finding that they are constantly experiencing due to the increased responsibility for their decisions.

As one of the ways to solve the problem of impact of human-factor aspect reducing on aviation safety proposed to perform the permanent automatic monitoring of the ATC actions during their duties execution [1]. Under the reducing of impact of human-factor aspect on aviation safety understands the accidents number diminution that can occur due to ATC mistakes.

Said monitoring should be directed on access prevention to information resources that ATC utilize during operations also unauthorized persons as well as persons in inadequate ES.

As a biometric person's feature in which control is performed, authors suggest to use the ATC voice. It makes the possibility to execute the remote control without distracting from the operation (means without direct contact with the body scanning equipment devices).

For permanent monitoring of ATC access to information resources performing being developed the voice control system over the ATC actions (CSAA). It operates in real-time, and will automatically notify the senior manager about detected violations.

The system operation report will serve as the documentary violation evidence.

In a previous author's article [1] were proposed the concept of one of the part of said control, particularly the

automatic monitoring ES of ATC during their duties execution.

In current article presents the research results aimed on further ATC access control improvement to information resources.

The control efficiency improvement achieved by ATC authentication function making (injecting). It aims to prevent a finding on a working place an unauthorized dispatcher; utilizing of developed ways to improve performance also the reliability of CSAA work that is being developed.

Authentication and EM monitoring of ATC conducted by means of continuous speech, fixed in audio exchange (dialogue) process with the crew members.

### The concept of CSAA block diagram building

1. Operation of ES authentication and monitoring subsystems based on the pattern recognition theory statements. They assign parameterization performing, classification and decision making of the controlled person assignment to desired class [2]. Regarding, the ES identification and monitoring subsystems include in its structure parameterization, classification and decision making modules.

2. The concept is based on the thesis that the ES authentication and monitoring of controlled persons are held by means of key fragments isolated from their continuous speech. These key fragments (or phrases) are frequently used in the ATC operation, including the fixed (standard established) phraseology.

It is caused by means of the following circumstances.

The main informative speech signal parameters are: voice pitch frequency (further just pitch) and related to it



parameters such as melodic contour angularity, dispersion, central tendency. These parameters frequently used for ES determining. [3-7].

Generally admitted that the voice pitch increasing indicates about person excitation; therefore the reduction - moving a person in constrained, depression state [8].

Meanwhile, the authors during the research received the results, which indicate that the pitch value can considerably vary. Not only in the pronunciation of different words by the same person, but to be significantly different for the same phonemes entering them into the various speech fragments.

Below are results of voice pitch measurements of various key words and phrases made up to the fixed ATC phraseology, as well as the phonemes included to these keywords.

In tab. 1 as an example shown the average value of pitch for several phrases that made up to the fixed phraseology.

**Table 1.** Pitch for different phrases

Key phrase	Pitch, Hz
«Вас понял» (Vas ponyal)	198
«Так точно» (Tak tochno)	186
«Внимание, всем воздушным судам» (Vnimanie vsem vozdushnym sudam)	221

As seen from the tab. 1, pitch is tending to change from one keyword phrase to the next for the same speaker. Data are presented for key phrases pronounced by the same speaker in the same ES (norm state).

The pitch variance for different keywords may vary up to 40 Hz.

As an evidence of the fact that variability values of the features that characterize the same phonemes in keywords pronounced by the same speaker, tab 2 shows the pitch variation for phonemes “E”, are located in different places of «Отвѣтьте диспетчеру» phrase. We note that the human ear perceives the specified command as «АТВѢТТЕ диспЕчЕру».

Disregarding the mentioned results of research can lead to unreliable operation of CSAA.

In accordance to it, the part of CSAA building concept is ATC control performing by means of informative parameters that are described a particular - a key – a speech fragment.

Consequently into the CSAA structure included subsystem of speech fragments recognition and selection from ATC continuous speech key phrases.

**Table 2.** Pitch values for phonemes «E», are located in different parts of key phrases

Phoneme	F0, Hz
E1	133,7
E2	144,8
E3	172
E4	116

Built algorithm that is based on the developed block diagram building CSAA concept includes the following main steps:

1. The speech signal sampling (discretisation) from the microphone output by means of which the communication (dialogue) between the ATC and crew members implementations.

2. The speech signal pre-processing. Is meant that the signal segmentation to voiced speech fragments, and noise reduction. The noise presence in the analyzed speech fragments can reduce the reliability the CSAA operation.

3. The ATC continuous speech segmentation to the speech fragments. Their recognition and key continuous speech pronouncing selection by parameters of which perform the ATC ES authentication and monitoring.

4. The ATC authentication by informative speech fragments parameters utilization that are intended into authentication process.

5. The ATC ES monitoring by means of speech fragments informative parameters system. It intended for monitoring, in the case of the ATC passage authentication procedures (ATC ES monitoring subsystem operation is described by the authors in [1]).

Below are shown the principles of the basic subsystems CSAA performed the processing of speech fragments in different algorithm stages.

Speech fragments recognition subsystem and key fragments selection from ATC continuous speech.

Subsystem of identification and key speech fragments selection from continuous speech based on developed approach to the automatic words recognition from ATC continuous speech taken into account the specific of their operation.

At the core of the developed approach lies the segmentation into phonemes and pauses with further recognition. The approach, based on which, proposed to perform the key fragments recognition and selection developed with taking into account about features of the ATC duties.

After segmenting the speech fragment represents as a sequence of phonemes and pause, which are shown in the form of cells. Each cell corresponds to a single phoneme or pause and defines the boundaries of beginning and end. At this point it is very important to choose the correct segmentation method that will give reliable results.

For the method developing aimed on accurate segmentation currently utilizing learned framework based on Markov models. After perform the classes cells assignment with a consistent comparison of the speech fragments with a keywords dictionary.

At the beginning the assignment is performed for the deaf consonant phonemes because are the easiest for recognizing. It is a unique phonemes class without pitch. After that are allocated voiced consonants and vowels. Voiced consonants are characterized by the noise presence unlike of the vowel. Voiced consonants noise level will be much bigger than the vowels. Even at this stage, the obtained pattern can be compared to fill in the keywords dictionary (a cells sequence, which had been assigned the class). It should be noted that in the database (dictionary) key fragments are included in two forms: a sequence of phoneme classes (in the form of cells) and key parts of speech.

The next stage is to divide the class into subclasses of cells and recognition of phonemes assigned to a particular subclass.

The vowels class dividing into subclasses. Vowel phonemes recognition is based on results of comparative analysis of the different formant frequencies values of phonemes and their correlation (average values of the first two formant frequencies F1 and F2 and their relation to the speakers of both sexes). These parameters are basic parameters for vowel phonemes recognition.

Vowel phonemes class is divided into two subclasses, the A-Y-E (ratio formant frequencies F1 and F2 lie in the 1.3 to 4.3 range) and O-I-I (the ratio of the frequencies F1 and F2 lie in the 5.6 to 8.5 range).

Further execute the assignment of phoneme probability of belonging to one of the subclasses.

Accuracy of phonemes classifying to one of the subclasses is checked by comparing the current pattern with the existing in dictionary. Similar procedures are performed in relation to the vowel phonemes.

Applying the mentioned approach can improve the subsystem performance in comparison to its construction based on artificial neural networks.

#### ATC authentication subsystem

ATC authentication is performed using the short-term analysis method (prescribing the key speech fragment to the short duration frames [9]).

The authentication subsystem operations based on aggregate classification of informative parameters are calculated by linear cepstrum coefficients prediction. The cepstrum coefficients system construction based on coefficients linear prediction determined by the fact that, in

accordance with [8] coefficients linear prediction relatively weak depend on the person ES.

Authentication subsystem is based on trained ANN [10] for the controlled persons recognizing.

Research has shown that as the ANN advisable to use multilayer perceptrons with one hidden layer.

Specific values of ANN parameters and informative speech fragments were determined in the process of modules classification testing on the criteria of the maximum percentage of accurate authentication.

ANN applying with multiple outputs allows increasing the access control reliability - in case of informed choice of the accurate authentication parameters can reached above 98%.

#### Conclusion

1. Proposed to perform the classification of controlled persons by means of key speech fragments are allocated from ATC continuous speech. Said key speech fragments are parts of words and phrases frequently used during working process, also included to the fixed by standards professional phraseology.

2. Applying of developed approaches performance improvement and reliability of subsystem authentication, including, and grounded choice of its parameters, allowed to increase the percentage of accurate authentication above the 98%. Also significantly reduce the implementation time, which provided subsystem operation in real time.

3. Applying the developed system of ATC control over their actions will allow significantly reduce the impact of human factors aspect on the aviation safety. It performed by means of preventing of possible illegal actions by unauthorized persons, also reducing the errors likelihood that can allow the controllers that are in an improper ES.

#### REFERENCES

1. Temnikov, V, Peteichuk, A. The concept of construction an automatic system for ATC emotional condition monitoring // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, III(6), Issue:54, 2015 – P. 52-54.
2. Ramiashvili, G.S. Automatic speaker recognition by voice // M.: Radio and Communication, 1981. – 224 p.
3. Frolov, M.V. Monitoring of functional state of human operator – M.: Nauka, 1987. – 197 p.
4. Taubkin, V.L. Recognition of the emotional state of a human operator using the parameters of the speech signal // Thesis. ...PhD. – M., 1977. – 160 p.
5. Williams, C.E., &Stevens, K.N. (1969). On determining the emotional state of pilots during flight: An exploratory study. Aerospace Medicine, 40, 1369-1372.
6. Kuroda, I., Fujiwara, O., Okamura, N., & Utsuki, N. (1976). Method for determining pilot stress through analysis of voice communication. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 47, 528-533.
7. Congleton, J.J., Jones, W.A., Shiflett, S.G., Mesweeny, K.P., Huchingson, R.D. 1997). An evaluation of voice stress analysis techniques in a simulated AWACS environment. International Journal of Speech Technology, 2, 61-69. doi: 10.1007/BF02539823.
8. Tkachenya, A.V. The problem of the emotions stability informative features in speech recognition problem // Journal BGU, Part1. – 2014. – №3. – P. 56-61
9. Rabiner, L., Gould B. Theory and Application of Digital Signal Processing. M.: Mir, 1978. – 848p.
10. Haykin, S. Neural networks. // 2nd ed. Tr. From Eng. – M.: Publishing house "Williams", 2006. – 1104 p.

## Methodology of selecting optimal parameters of OFDM- SCC in conditions of selective stopping in radio path

S.V. Toliupa, I.I. Parkhomenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Paper received 03.11.15; Revised 08.11.15; Accepted for publication 22.12.15.

**Abstract.** Methodology of selecting optimal parameters of OFDM- SCC in conditions of selective stopping in radio path. In this article described technique in which the optimal parameters of OFDM-SCC determined in the case of transmitting information over a communications channel in terms of considering selective fading distortion signal in radio path. Rational SCC parameters for a specific channel defined state with a finite number of allowable options that can simplify the practical implementation of adaptive equipment modem radio communication systems.

**Keywords:** communication channel, radio waves, signal, radio communication system, radio path

**Introduction.** One of the main factors affecting the quality of radio communications is fading signal resulting from multipath propagation of radio waves, and nonlinear signal distortion in radio path. While transporting signals by multibeam channels, widely used method of orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) [1-2]. The main advantages of this technology is the relatively high stability over selective fading, and high frequency efficiency.

In the construction of radio communication systems (RCS) with OFDM great attention paid to construction of signal-code constructions (SCC), which allow to increase the speed of information transmission with constraints of power and bandwidth frequency (to increase frequency efficiency of the system). Increasing of frequency efficiency of OFDM RCS by coordination forms transmitted signals and the type of modulation parameters of communication channel without additional expansion channel bandwidth and increasing the transmitter power is rather urgent task.

The main way to increase the speed of information transmission in RCS without compromising energy efficiency is the use of signal-code constructions [3], which represent a set of signal sequences derived from noiseimmunity codes and ensembles signals with the dense packing. As noiseimmunity codes can be used block and line codes [4]. The greatest efficiency of transmission of SCC achieved by using line codes ensembles in combination with AFM signals. Their energy gain in gaus channel is 3 ... 6 dB, depending on the complexity of the interconnected system modulation and coding.

Analysis of the effectiveness of radio communication systems shows that the use of multi-modulation allow to increase speed in comparison with the binary modulation, but you can not get closer to the capacity nor the frequency or for energy efficiency. The use of correcting codes with binary modulation allows to approach the bandwidth close to the border Shannon.

In real multipath channels except the additive noise occurs intersymbol interference (ISI) caused by memory of the channels. The channels reaction on sequence of input signals cause mutual imposition signals at the output channel. If normalize amplitude-frequency response of the channel by power, we can say that the ISI leads to a significant change of distance between the signals at the output channel and, most importantly, to reduce the minimum distance between them.

In process of synthesis of signals and codes for channels with ISI, this effect is usually not taken into account,

so as input signals select such signals that coordinated with the ideal channel without ISI. However, ISI seek to take into account designing the optimal receiver (decoder). Widely known decision of this is the Viterbi algorithm and its modification, which takes into account line coding [5].

Lets take a look at the approach of encoding channels with ISI, based on the synthesis of signal-code constructions that have "warp" space signals in the transmission on real channel [6]. The basis for this approach is the possibility of converting channels with ISI in set with gaus channels without memory, so, without ISI, but differents from each other with scalar transmission coefficient or the signal / noise ratio.

The essence of the technique is to construct signal-code structures with optimum(for the criterion of maximum frequency efficiency) parameters while limiting the value of the probability of erroneous signal receptions at selective fading and distortion.

**Problem Statement.** Given: options of transmitting device and communication channel  $\Psi = \{\psi_i\}$ ,  $i = \overline{1, 10}$ , where  $\psi_1 \dots \psi_{10}$  – output signal, signal / noise ratio, modulation, information rate, bandwidth communication channel, dimension of signals, THD signal in radio path, code combination length, speed of adjustment code, code size range.

**Required:** build OFDM-SCC, that maximize frequency effectiveness of RCS  $\beta_F$  using constraints on the probability of erroneous reception signals  $P_{\text{mis}} \leq P_{\text{mish}}$ .

**Constraints:** dimension of signals  $2 \leq M \leq 256$ ; type of correcting code – line code with speed  $R = 0,5-0,9$ ; probability of receiving false signals  $P_{\text{nom}} \leq 10^{-5}$ .

The task of determining the parameters of SCC with maximum efficiency frequency reduced to a typical optimization problem. The system of equations for solving the optimization problem have the form:

$$\begin{cases} \beta_F = F_1(v_i, \Delta F, M, K_3, n, R, d) = \max; \\ P_{\text{mis}} = F_2(P_c, M, n, R, d) \leq P_{\text{mish}} \end{cases} \quad (1)$$

where

- $n$  – code combination length,
- $P_c$  – signal power;
- $M$  – dimension of signals,
- $R$  – speed of adjustment code,
- $d$  – code size range.

Methods of coosing OFDM-SCC for radio systems consists of the following stages.

**Data input.** Input parameters of transmitter and communication channel  $\Psi = \{\psi_i\}$ , and the size of permissible value of probability signal  $P_{\text{mish}}$ .

**Selecting the number of subcarriers.** While passing a group of OFDM signal through nonlinear radio path of radio subcarriers orthogonality is disturbed, leading to their mutual influence and to reducing noise immunity of receiving signals.

**Evaluation of transfer characteristic link.** At this stage, using the method proposed in [7] evaluated the state of multipath channel.

**Converting the channel with between the symbols distortions in set with gaus-channel without the memory.** In real frequency-limited channels (except the additive noise) occurs intersymbol interference (ISI) caused by memory channels. The reaction of channel on input signals sequences cause mutual imposition signals at the output channel. If normalize the power in amplitude-frequency characteristic of the channel, we can say that the ISI leads to a significant change in the distance between the signals at the output channel and, most importantly, to reducing of the minimum distance between them.

In Gauss-channel with ISI (GCSCC) input and output of the channel associated in expression [6]

$$Z = K_h X + B, \quad (2)$$

where

$X$  – samples of the transmitted signal at the input channel;

$B$  – samples of white Gaussian noise (WGN);

$K_h$  – matrix of the channel ( $L_0 \times L$ ), elements of which are components of weight sequence  $\{h_n\}_{n=0}^{l-1}$ .

Parameter  $l$  determines the memory channel, as each count of input signal is a linear combination of  $l$  transferred samples. When duration (number of samples) of guard interval  $l_0$  bigger or equals channel memory  $l - 1$ , then channel blocks overlap. So, the condition  $l_0 \geq l$  is the absence between blocking interference. Block length on output bigger, then on input, and equals  $L_0 = L + l - 1$ .

For this channel the following statement is true. If WGN power output equals GCSCC  $P_h$ , and average signal power of output size is limited  $P_{\text{avg}}$ , then GCSCC capacity, his value  $|K_0| \geq |K_1| \geq \dots \geq |K_{L-1}|$ , equals

$$C = v_0 \frac{1}{L} \sum_{i=0}^M \frac{1}{2} \log_2 \left[ |K_i|^2 \frac{L}{M} \left( \frac{P_h}{P_{\text{avg}}} + \frac{1}{L} \sum_{m=0}^M \frac{1}{|K_m|^2} \right) \right]; \quad (3)$$

$$v_0 = \frac{L}{L_0} = \frac{1}{1 + l_0 / L},$$

where  $v_0$  – the relative speed of transmitting, while inputting protective intervals between signal blocks;  $M \leq L - 1$  – the largest number for output power

$$P_M = P_{\text{avg}} \frac{L}{M} + P_h \left[ \frac{L}{M} \sum_{m=0}^M \frac{1}{|K_m|^2} - \frac{1}{|K_\mu|^2} \right] > 0.$$

If  $L \rightarrow \infty$  GCSCC is transformed into a Gaussian channel without memory (GCWM), the entrance of which

is a stationary random sequence  $\{Z_K\}_{K \rightarrow -\infty}^{\infty}$ , and output – stationary random sequence  $\{\tilde{Z}_K\}_{K \rightarrow -\infty}^{\infty}$ .

As a result of the above GCSCC-conversion is a set of independent parallel GCWM input and output of each channel related in expression  $Z_i = K_i X_i + B_i$ ,  $i = \overline{0, L-1}$ .

**Parameters defining before distortion of signals.** Lets take a look at the approach to encoding channels with ISI, based on the synthesis of signal-code constructions that consist "warp" in the transmission of signals in real channel.

For optimization of the signals group parameters with OFDM use inputting to the signal distortion in transmission  $X_i = \frac{1}{|K_i|} \xi_i$  and correction at the reception  $\xi_i = b_i Z_i$ ,

where  $b_i = e^{-j \arg K_i}$ .

**Determining the average power of the output signal at channel.** If output channel has significant unevenness of amplitude-frequency characteristics in Nyquist rate, so channels could be quite different. The difference between subchannels characteristics should be taken into account in the process of signals construction and SCC.

Typically, parallel subchannels with distortion using different alphabets of signals with phase shift keying (PM) and quadrature amplitude modulation (QAM). But with the same minimum Euclidean distance  $d$ , which does not depend on the number of subchannel  $i$ . The need of considering of this option due to the possibility of building its base of effective signals and signal-code constructions [5].

Suppose  $0 < m_1 < m_2 < m_3 < \dots < m_Q \leq M_1$  – splitting numbers of subchannels. Then, in subchannel with the numbers from  $m_{j-1}$  till  $m_j - 1$  ( $m_0 = 0$ ) used alphabet KAM with  $2^{q_j}$  symbols,  $1 \leq j \leq Q$ , and  $q_1 > q_2 > \dots > q_Q \geq 1$ . This means, that alphabets with more number of points use in subchannels with higher signal / noise ratio or with large eigenvalues  $K_i$ .

The average power output of  $i$ -subchannel has the form

$$P_{\text{out } i} = P_{q_j} / |K_i|^2, \quad m_{j-1} \leq i \leq m_j - 1, \quad (4)$$

where  $P_{q_j} = d_E^2 x(2^{q_j})$  – average power of output signal KAM subchannels with numbers  $m_{j-1}$  till  $m_j - 1$ , and

$$x(q) = \begin{cases} (2^q - 1/2) / 6, & q = 2n - 1, \\ (2^q - 1) / 6, & q = 2n, n = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (5)$$

Average power of output of OFDM channel group size is limited by  $P_{\text{avg}}$

$$\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{M_1-1} P_{\text{out } i} \leq P_{\text{avg}}. \quad (6)$$

Putting (4) in formula (6), we can get an equation

$$d_E^2 \sum_{j=1}^Q x(2^{q_j}) \frac{1}{N} \sum_{i=m_{j-1}}^{m_j-1} \frac{1}{|K_i|^2} \leq P_{\text{avg}}. \quad (7)$$

Note that

$$\frac{1}{L} \sum_{i=m_{j-1}}^{m_j-1} \frac{1}{|K_i|^2} = f_m(m_j) - f_m(m_{j-1}),$$

where  $f_L(M) = (1/L) \sum_{i=0}^{M-1} 1/|K_i|^2$ , we are getting

$$d_E^2 \sum_{j=1}^Q x(2^{q_j}) [f_L(m_j) - f_L(m_{j-1})] \leq P_{\text{avg}}. \quad (8)$$

**Calculation of the maximum rate in each channel.**

The maximum speed of each channel with fixed  $q_j$  determined as:

$$v(q_j, P_{q_j}/P_h) = v(q_j, d_E^2 \varphi(2^{q_j})/P_h) \quad (9)$$

**Determination of the maximum rate of group signal.** The total rate in the channel of the OFDM could be calculated by expression

$$v = v_0 \frac{1}{N} \sum_{j=1}^Q s_j v(q_j, d_E^2 x(2^{q_j})/P_h), \quad (10)$$

where  $s_j = m_j - m_{j-1}$ ,  $m_0 = 0$  – number of subchannels with the same alphabet KAM.

Optimization of this variant considered by the speed with limited average power at the input channel comes down to choosing the optimal partitioning GCWM on groups at the same rate, the optimal choice of alphabets and minimum range  $d$ .

The maximum speed for OFDM-channel with distortions and random alphabets in each parallel subchannels provided that the minimum distance in all alphabets is constant and equal  $d$ , is given by expression

$$v_{\text{max}} = \max_{d>0} \max_{s_j=1,2,\dots} \max_{q_j=1,2,\dots} v_0 \frac{1}{N} \sum_{j=1}^Q m_j v \left( q_j, \frac{d_E^2 x(2^{q_j})}{P_h} \right) \quad (11)$$

with restrictions described above, the permissible average power at the input OFDM-channel, and  $s_j = m_j - m_{j-1}$ ,  $m_0 = 0$ ,  $0 < m_1 < m_2 < \dots < m_Q \leq M_1$  – partition of subchannels into groups with  $v_j$  parallel channels, each one using same alphabet KAM with average power

$$P_{q_j} = d_E^2 x(2^{q_j}).$$

So, we got stepped structure in which transmitted block (as a result of virtual transformations) on transmitting and receiving side turns system in  $N$  – parallel channels, from which  $m_1$  modulated KAM-2,  $m_2$  signals modulated KAM-4,  $m_3$ - signals modulated KAM-8 and so on. The last  $m_q$  – signals modulating KAM- $2^q$ .

Now to this signal structure we can "impose" correcting code and receive SCC.

We can use every known block or radio path SCC. Required only fairly simple modification of the SCC, which takes into account the difference in successive alphabets characters. The result is a so-called stepped SCC, which is encoded and decoded in a single block of converting signals.

In proposed method, optimal parameters of OFDM-SCC determined in case of information transmitting over a communications channel in terms of considering selective fading distortion signal in radio path. Rational SCC parameters for a specific channel defined with a finite number of allowable options, that can simplify the practical implementation of adaptive equipment of radio communication systems.

**REFERENCES**

1. Volkov, L., Nemirovskii, M., Shinakov, Yu. Digital radio systems: the basic techniques and features: tutorial. – M.: Eco-Trends, 2005. – 392 p.
2. Ziuko, A. Noise-immunity and effectiveness of information transfer. – M.: Radio and Communication, 1985. – 272 p.
3. Portnoi, S., Ortiukov, S., Florkovskii, D., Gridnev, O. The signal-code structures for high-speed modems // Radio engineering. – 1997. – № 2. – P. 91-95.
4. Kuvshinov, O., Lezhniuk, O., Liventsev, S. Basic theory of noise-immune coding: tutorial. – K.: NTUU "KPI", 2001. – 72 p.
5. Baushev, S., Zaitsev, I., Yakovlev, A. Prospects for the development of signal-code structures for Gaussian communication channel // Foreign radioelectronics. – 1990. – № 1. – P. 15-31.
6. Baushev, S., Grigoriev, S. Signal-code constructions building with a low probability mistakes // Radiotechnics. – 1996. – № 12. – P. 12-14.
7. Tolupa S., Gurskii T., Voskolovich A. Analysis of methods for parameter estimation of multipath channels // Bulletin of State University of Information and Communication Technology. – 2011. – V.9, №3. – P. 194-204.

## Математико-статистичний аналіз морфометричних властивостей рельєфу

В. Мельник, Ю. Бліндер, О. Піскунова\*

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

\*Corresponding author. E-mail: oli4ka\_1308@mail.ru

Paper received 13.09.15; Revised 21.09.15; Accepted for publication 14.10.15.

**Анотація.** В статті розглянуті два методи математичного апроксимування цифрових моделей рельєфу в прямокутних і сферичних координатах. В першому пропонується використання поліномів Чебишева, в другому — простих сферичних функцій, без приєднаних функцій Лежандра. Спільним в цих методах є ортогональність і можливість отримання системи цих функцій за рекурентними співвідношеннями. У випадку значного впливу «шуму» і виникненням некоректності за Адамаром пропонується регуляризоване рішення за методом академіка А. Тихонова. Проілюстрована ефективність регуляризації. Ймовірна оцінка морфометричних властивостей рельєфу можлива на основі отримання шестивимірної коваріаційної матриці та використання спрощеного варіанту через розрахунок варіограм і планарних діаграм анізотропії.

**Ключові слова:** поліноми Чебишева, сферичні функції, регуляризація, варіограми, анізотропія

**Вступ.** Починаючи з 60-х років XIX ст. в геоморфології виник новий напрямок цифрового моделювання рельєфу (ЦМР) земної поверхні [1;2]. В основі цього напрямку носіями інформації про рельєф слугували цифрові моделі висоти — дискретні двовимірні функції висоти, які використовувалися для розрахунку ЦМР [3;4;5].

З інтенсивним розвитком комп'ютерних і аерокосмічних технологій ЦМР сформувалося в окрему наукову дисципліну, предметом якої є кількісне моделювання і аналіз рельєфу земної поверхні.

Сучасний стан цього напрямку характеризується інтенсивним його використанням в задачах геоморфології, геоботаніці, гляціології, кліматології та інших дисциплінах [1;2].

Все це обумовлює необхідність різнобічних досліджень морфометричних властивостей рельєфу, їх оптимального і адекватного застосування [6].

**Аналіз останніх публікацій.** В дослідженнях професора Х. Бурштинської [4;5] розглянуті різні підходи цифрового моделювання рельєфу земної поверхні. Зроблено висновок про пріоритетність методу Крайгінга, проте для цифрового моделювання рельєфу на мікрорівні такий висновок не підтверджується [6]. В роботі [3] зроблено аналіз морфометричних ознак рельєфу із застосуванням чисельного диференціювання (знаходження перших і других похідних) дискретних цифрових моделей рельєфу. Порівняно з апроксимуючими математичними моделями метод має обмеження по точності та універсальності [2;5].

Дослідження [1;2] характеризуються чіткою регламентацією практичного застосування в різних сферах ґрунтознавства. Передбачається, що вихідною інформацією є топографічні карти різних масштабів. Подібне обмеження не узгоджується з сучасними тенденціями космо-аеро-методами дистанційного зондування [4].

В монографії [6] зроблено акцент на цифрове моделювання рельєфу на мікрорівні (ЦММР). Проте з метою всебічності вказані дослідження потребують подальшого розвитку.

**Мета.** Розглянути з єдиних позицій методологію цифрового моделювання рельєфу (ЦМР) в прямокутних та сферичних координатах. Теоретично обґрунтувати оригінальний алгоритм регуляризації ЦМР. Практично проілюструвати ефективність застосування в дослідженнях морфометрії рельєфу варіограм та планіметричного відображення анізотропії.

### Виклад основного матеріалу

#### I. Апроксимування цифрових моделей рельєфу (ЦМР) в прямокутних і сферичних координатах. Апроксимування поліномами Чебишева

Нехай в деякій області  $\Omega$  в  $N$  точках з координатами  $(x_k, y_k) \in \Omega$  відомі виміряні (фотограмметричні, геодезичні тощо) значення невідомої функції рельєфу

$f(x, y)$ , які визначені на всій ділянці  $\Omega = \bigcup_{i=1}^n \Omega_i$ , де

$\Omega_i \cap \Omega_j = 0$  для  $\forall i, j \in 1..n$ . При цьому представляється рельєф дискретно, тобто висота  $z$  точки визначається як функція положення (координат  $x$  та  $y$ ).

проте в більшості випадків потрібно рельєф апроксимувати тією чи іншою математичною моделлю. В практиці геоморфологічних досліджень часто застосовується апроксимування добре відомими в прикладній математиці поліномами Чебишева [7;8].

Поліноми Чебишева є ортогональними і при їх застосуванні не виникає утруднень з отриманням обернених матриць:

$$f(x, y) = Z(x, y) = \sum_{k=0}^m \sum_{e=0}^{m-k} a_{ke} T_k(x) T_e(y) \quad (1)$$

де  $T_k(x), T_e(y)$  — поліноми Чебишева.

Починаючи з другого порядку поліноми Чебишева розраховуються за рекурентною формулою [7]:

$$T_k(x) = 2x \cdot T_{k-1}(x) - T_{k-2}(x) \quad (2)$$

При цьому  $T_0 = 1, T_1 = x$ .

Коефіцієнти  $a_{ke}$  знаходять за МНК із визначенням оптимальної степені полінома, при цьому приймаються до уваги результати статистичної перевірки гіпотези про рівність нулю математичних очікувань оцінок  $a_{ke}(x, y)$ .

Вказані обчислювальні процедури добре висвітлені в спеціальній літературі [7].

#### II. Апроксимування сферичними функціями

При морфометричних дослідженнях рельєфних поверхонь з чітко вираженою структурою, наприклад у вигляді суперпозиції синусоподібних складових, доцільно застосовувати сферичні функції  $f_{l,m}(r_i, \alpha_i, \beta_i)$ , де  $r$  — радіус одиничної сфери, а  $\alpha_i, \beta_i$  — полярні та азимутальні кути [9;10;11].

Неперервною функцією  $f(\alpha, \beta)$  зручно представляти у вигляді суми ряду симетричних ортогональних сферичних функцій  $K_l^m(\alpha, \beta)$ :

$$f(\alpha, \beta) = \sum_{l,m} C_l^m K_l^m(\alpha, \beta) \quad (3)$$

де  $C_l^m$  – коефіцієнт розкладу.

Сферичні функції  $K_l^m(\alpha, \beta)$  отримуються з рекурентного співвідношення [10]:

$$K_l^m \cos \alpha = \left( \frac{l+1-m^2}{4(l+1)^2-1} \right)^{1/2} \cdot K_{l+1}^m + \left( \frac{e^2-m^2}{4e^2-1} \right)^{1/2} \cdot K_{l-1}^m \quad (4)$$

Залежність між сферичними і прямокутними координатами наступна:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r \sin \alpha \cos \beta \\ r \sin \alpha \sin \beta \\ r \cos \alpha \end{bmatrix} \quad (5)$$

### III. Метод регуляризації

Вирішення задачі апроксимування в сферичних координатах наступне:

$$A c + v = f \quad (6)$$

де  $A$  – матриця системи сферичних функцій;  $c$  – вектор коефіцієнтів  $C_l^m$ ;  $f$  – вектор помірних значень  $f = Z(x, y)$ ;  $v$  – випадковий вектор помилок.

За МНК розв'язок (6) має вигляд:

$$c = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T f \quad (7)$$

Проте в багатьох випадках таке стандартне рішення утруднене. Незначні зміни у вимірних величинах викликають значні флуктуації у визначуваних величинах, тобто має місце некоректність за Адамаром. Тому необхідно застосовувати метод регуляризації, запропонований академіком А. Тихоновим [12].

Для випадку застосування сферичних функцій і врахування текстурних рельєфних особливостей пропонується [12] застосовувати метод регуляризації у вигляді:

$$c_{\Theta} = (A^T \cdot A + \Theta Q)^{-1} \cdot A^T f \quad (8)$$

$\Theta$  – параметр регуляризації, що характеризує міру гладкості рельєфу.

Для отримання однозначного рішення приймемо, що серед усіх функцій, що проходять через експериментальні значення, шукана функція найбільш гладка. Будемо оцінювати гладкість рішення квадратичною формою  $s = c^T Q c$ , де  $Q$  – квадратна матриця, явний вигляд якої залежить від обраного критерію гладкості [6]. У відповідності з методом регуляризації академіка А. Тихонова, зі всієї множини рішень рівняння будемо вибирати найбільш гладке, залишаючи при цьому обмеженою величину  $v^T v$ , яка характеризує дисперсію шуму [12].

Стосовно вибору параметра регуляризації  $\Theta$  немає однозначної думки. В даному випадку доцільно вибрати за критерій міри гладкості функціонал першого порядку – середню величину скалярного квадрату градієнта текстурної функції:

$$s = \frac{1}{4\pi} \int [\nabla f(g) \nabla f(g)] dg \quad (9)$$

де  $g$  – текстурна функція  $g = f(\alpha, \beta)$ , яка характеризує ступінь вертикального розчленування рельєфу, як відношення рельєфної поверхні до ідеально гладкої.

Згідно з теоремою Гріна – Остроградського справедливе співвідношення [9]:

$$\int_V [\nabla f(g) \nabla f(g)] dg + \int_V [\nabla f(g) \nabla^2 f(g)] dg = \int_S \overline{ds} [f(g) \nabla f(g)] dg \quad (10)$$

Поверхневий інтеграл в правій частині виразу (10) дорівнює нулю:

$$\int_V [\nabla f(g) \nabla f(g)] dg + \int_V [f(g) \nabla^2 f(g)] dg = 0 \quad (11)$$

Оскільки  $\nabla f(g)$  перпендикулярний до вектора  $\overline{ds}$  на границі елементарної області, а апроксимуюча сферична функція є симетричною:

$$\int_V [\nabla f(g) \nabla f(g)] dg = - \int_V [f(g) \nabla^2 f(g)] dg \quad (12)$$

Отже:

$$s = \frac{1}{4\pi} \int [f(g) \nabla^2 f(g)] dg \quad (13)$$

Для сферичних функцій справедлива рівність:

$$\nabla^2 K_l^m(g) = -l(l+1) K_l^m(g) \quad (14)$$

Враховуючи цю обставину, а отже те, що сферичні функції утворюють повну систему ортогональних функцій на сфері одиничного радіуса, остаточно отримаємо:

$$s = \frac{1}{4\pi} \sum_{l,m} l(l+1) (C_l^m)^2 \quad (15)$$

Таким чином, матриця  $Q$  діагональна з елементами  $g_{ii} = l(l+1)/4\pi$ , а вираз  $\frac{1}{4\pi} \sum_{l,m} l(l+1)$  означає слід матриці  $Q$ , тобто:

$$S = \text{tr} Q (C_l^m)^2 \quad (16)$$

Приклад ефективності і важливості 3D – згладжування показано на рис. 1 а, б, отриманому в програмному середовищі «LandSerf» [13].

### IV. Теоретико – ймовірнісна оцінка рельєфу

Інформація, знята з рельєфної поверхні, повинна бути мінімальною за об'ємом, але водночас достатньою для визначення загальновідомих висотних параметрів та параметрів форми нерівностей [2].

Для цього необхідно знати двоаргументну функцію  $h(x, y)$ , що описує нерівності, як тривимірні об'єкти, а також її перші та другі похідні [6].



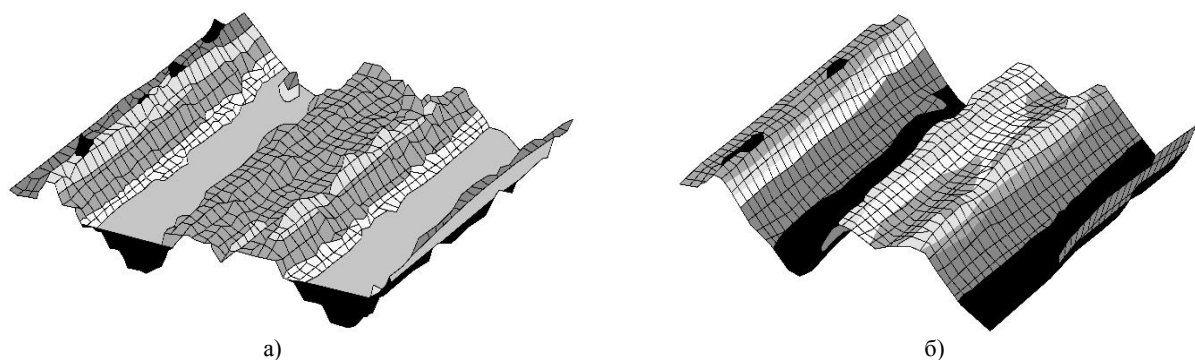


Рис. 1. Процес згладжування поверхні, що реконструюється а) вихідна поверхня; б) поверхня після функції згладжування

Позначимо:

$$h_1 = h(x, y); h_2 = \frac{\partial h(x, y)}{\partial x}; h_3 = \frac{\partial h(x, y)}{\partial y};$$

$$h_4 = \frac{\partial^2 h(x, y)}{\partial x^2}; h_5 = \frac{\partial^2 h(x, y)}{\partial x \partial y}; h_6 = \frac{\partial^2 h(x, y)}{\partial y^2}.$$

За величиною  $h_1$  визначають такі висотні параметри, як середня висота нерівностей,  $h_2$  і  $h_3$  використовують для оцінки градієнта поверхні, площі поверхні,  $h_4$  і  $h_6$  – кривини вершин мікровиступів і т.д.

Для спрощення викладок припустимо, що величини  $h_1, h_2, \dots, h_6$  випадкові і описуються однорідними випадковими полями двох змінних. Поверхні з детермінованим характером нерівностей є одним з граничних варіантів випадкових полів, коли їх показники (кроки, висоти і т.п.) мають постійні значення.

Вивчення геометричних характеристик нерівностей в теоретико-імовірнісному трактуванні потребує [14; 15] знань шестивимірної щільності спільного розподілу ймовірностей величин  $h_1, h_2, \dots, h_6$ , що, в свою чергу, визначаються матрицею:

$$M_{ij} = \begin{vmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} & k_{15} & k_{16} \\ & k_{22} & k_{23} & k_{24} & k_{25} & k_{26} \\ & & k_{33} & k_{34} & k_{35} & k_{36} \\ & & & k_{44} & k_{45} & k_{46} \\ & & & & k_{55} & k_{56} \\ & & & & & k_{66} \end{vmatrix} \quad (17)$$

де  $k_{ij}$  – момент кореляції величин  $h_1, h_2, \dots, h_6$ .

Теоретико – імовірнісний підхід опису рельєфної поверхні, в тому числі матрицею (17), справедливий для будь – якого типу поверхонь.

Розшифруємо моменти  $k_{ij}$ . Кореляційний момент двох випадкових величин знаходиться як математичне очікування добутку їх центрованих величин. Оскільки добуток величин  $h_i, h_j$ , які являють собою однорідні випадкові поля, дає їх взаємну кореляційну функцію  $K_{ij}(\tau_1, \tau_2)$ , то визначуваний момент кореляції знайдемо при  $\tau_1, \tau_2 = 0$ . Тобто:

$$k_{ij} = E\{[h_i(\cdot) - \bar{h}_i][h_j(\cdot) - \bar{h}_j]\} = E\{[h_i(x_1, y_1) - \bar{h}_i][h_j(x_2, y_2) - \bar{h}_j]\} \quad (18)$$

де  $E$  – математичне очікування;

$\tau_1 = x_2 - x_1; \tau_2 = y_2 - y_1; h_i, h_j$  – середні значення величин.

Припустимо, що  $\bar{h}_i = \bar{h}_j = 0$  і оперуючи далі відхиленнями від середніх значень, матриця (17) набуде вигляду:

$$(M_{ij})tr = \begin{vmatrix} k_{11} & 0 & 0 & -k_{22} & -k_{23} & -k_{33} \\ & k_{22} & k_{23} & 0 & 0 & 0 \\ & & k_{33} & 0 & 0 & 0 \\ & & & k_{44} & k_{45} & k_{46} \\ & & & & k_{55} & k_{56} \\ & & & & & k_{66} \end{vmatrix} \quad (19)$$

Отримана матриця містить необхідну кількість вихідних параметрів топографічного подання поверхні рельєфу загального виду. Частковими випадками її можуть бути поверхні з детермінованим, випадковим та змішаним характером нерівностей, ізотропні, неізотропні і анізотропні.

Інший підхід імовірнісної оцінки рельєфу полягає в розрахунках кореляційних функцій (корелограм). Корелограми мають такі переваги: вони не випадкові, можуть бути описані математичними рівняннями, а також дозволяють виявляти детерміновану і випадкову складові.

Техніка відповідних розрахунків добре висвітлена в спеціальній технічній літературі [7;14;15].

В таблиці 1 наведені конкретні значення для імовірнісної характеристики рельєфу дослідної ділянки.

За отриманими даними побудовані корелограми (рис. 3 і табл. 2)

При такому підході важливим є встановлення «поведінки» значень інтервалів кореляції. В табл. 3 наведені значення інтервалів кореляції для 5 дослідних ділянок.

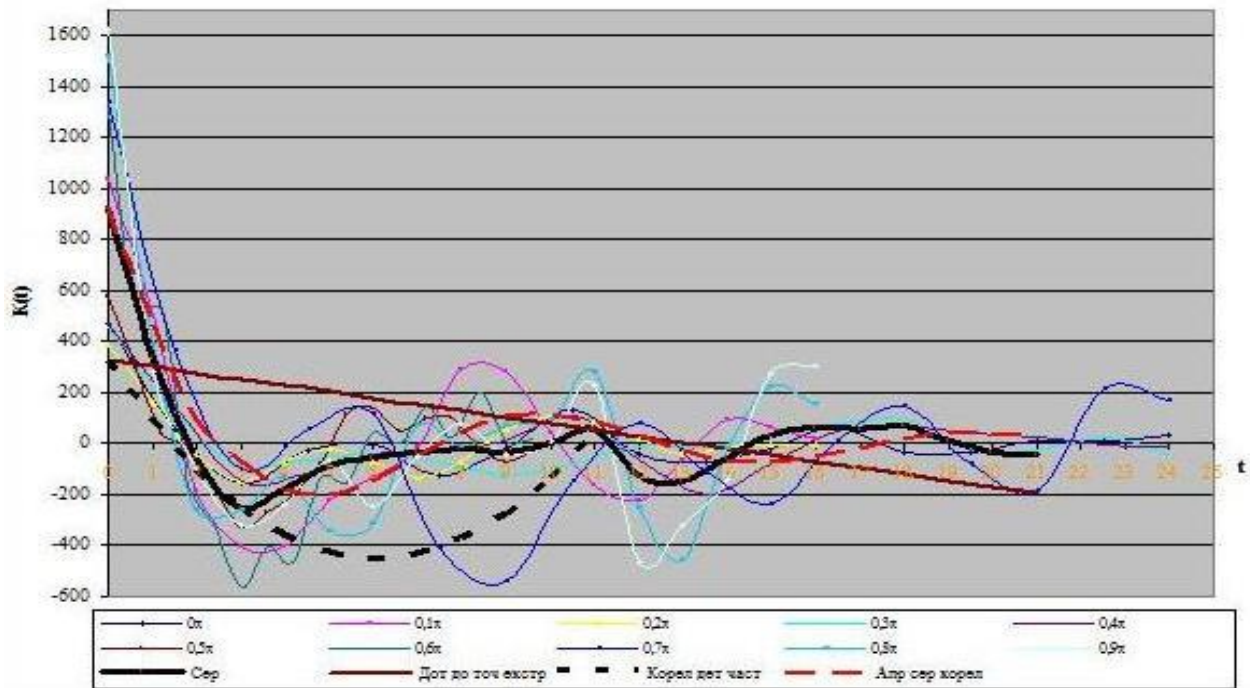
За даними таблиці 3 можна зробити висновок, що значення інтервалів кореляції однозначно залежить від напрямку  $\varphi_i$ . Тому доцільно для ілюстрації анізотропії рельєфу відображати зміну інтервалів кореляції у вигляді еліпса анізотропії, як це показано на рис. 4.

**Таблиця 1.** Значення кореляційної функції рельєфу дослідної ділянки

$\tau$		0 $\pi$	0,1 $\pi$	0,2 $\pi$	0,3 $\pi$	0,4 $\pi$	0,5 $\pi$	0,6 $\pi$	0,7 $\pi$	0,8 $\pi$	0,9 $\pi$
0	$K(\tau)$	276.3828	286.1155	285.5888	320.6745	268.0402	213.8575	254.8493	161.4305	174.6947	186.3224
1	$K(\tau)$	242.2172	217.9458	229.6547	233.0171	168.4420	156.3030	162.2970	64.8241	127.0839	129.2001
2	$K(\tau)$	208.2681	159.3684	166.1328	197.5977	108.8714	106.1053	80.3188	32.5372	73.1661	112.0767
3	$K(\tau)$	174.5889	99.4519	113.8360	178.5899	100.4540	76.7796	53.8354	-0.9412	21.6411	88.6312
4	$K(\tau)$	149.4574	50.8585	67.6987	140.1052	80.1386	60.0964	42.9544	-1.5428	-6.1152	59.1919
5	$K(\tau)$	126.0148	19.6944	47.9173	104.5851	84.1689	41.6073	19.9175	11.3987	-1.7265	54.4382
6	$K(\tau)$	94.6761	-0.0620	45.8111	108.8117	40.1279	10.4771	-3.7791	37.5372	10.9941	47.6977
7	$K(\tau)$	69.8579	-4.7312	38.5601	94.5168	0.7153	-16.0001	-12.7160	39.4650	9.0103	33.1841
8	$K(\tau)$	43.8263	-11.2124	26.3298	89.1945	2.5185	-16.4722	-10.9064	11.5031	-6.0952	30.5755
9	$K(\tau)$	20.7626	-17.2405	19.9660	107.2508	-13.5258	-23.9203	-10.9657	13.6460	-21.8968	27.7421
10	$K(\tau)$	-6.7354	-18.4532	19.1983	76.5301	-11.4352	-23.2990	24.9065	-9.1080	-34.8317	32.0058

**Таблиця 2.** Значення кореляційної та апроксимуючої функцій рельєфу дослідної ділянки

$\tau$	$\tau^2$	$\cos\omega\tau$	$K'g(\tau)$	$K'c(\tau)$	$K'(\tau)$	$K(\tau)$	$K(\tau) - K'(\tau)$
0	0	1	108,65	130,258460677	238,908460677	242,795621977	-3,887161300
1	1	0,938167	90,52845	54,128682759	144,657136445	42,573893061	102,083243384
2	4	0,760314	65,15883	3,884114367	69,042947982	29,811100746	39,231847237
3	9	0,488436	37,17604	0,048128197	37,224171476	19,306153314	17,918018162
4	16	0,156155	10,55567	0,000102979	10,555773773	11,626860176	-1,071086403
5	25	-0,19544	-11,7331	0,000000038	-11,733145246	6,282535400	-18,015680646
6	36	-0,52286	-27,8784	0,000000000	-27,878389081	1,921930679	-29,800319761
7	49	-0,78562	-37,2024	0,000000000	-37,202443478	-2,443073923	-34,759369555
8	64	-0,95123	-40,0054	0,000000000	-40,005375903	-6,342007731	-33,663368172
9	81	-0,9992	-37,3217	0,000000000	-37,321710083	-9,391049949	-27,930660135
10	100	-0,92361	-30,6387	0,000000000	-30,638716308	-14,503055440	-16,135660867



**Рис. 3.** Корелограма рельєфу дослідної ділянки

**Таблиця 3.** Значення інтервалів кореляції досліджуваних ділянок

Позначення		Значення інтервалів кореляції									
		0,0 $\pi$	0,1 $\pi$	0,2 $\pi$	0,3 $\pi$	0,4 $\pi$	0,5 $\pi$	0,6 $\pi$	0,7 $\pi$	0,8 $\pi$	0,9 $\pi$
Ділянка №1											
$\tau_{кор.}$	$L$	6	12	12	5	4	7	2	6	10	5
Ділянка №2											
$\tau_{кор.}$	$L$	8	8	5	3	3	5	5	5	6	10
Ділянка №3											
$\tau_{кор.}$	$L$	3	3	5	8	11	7	7	9	7	4
Ділянка №4											
$\tau_{кор.}$	$L$	5	5	7	11	10	9	9	6	9	7
Ділянка №5											
$\tau_{кор.}$	$L$	9	10	4	7	4	4	12	10	4	6
Ділянка №6											
$\tau_{кор.}$	$L$	16	15	15	16	12	14	7	4	4	9

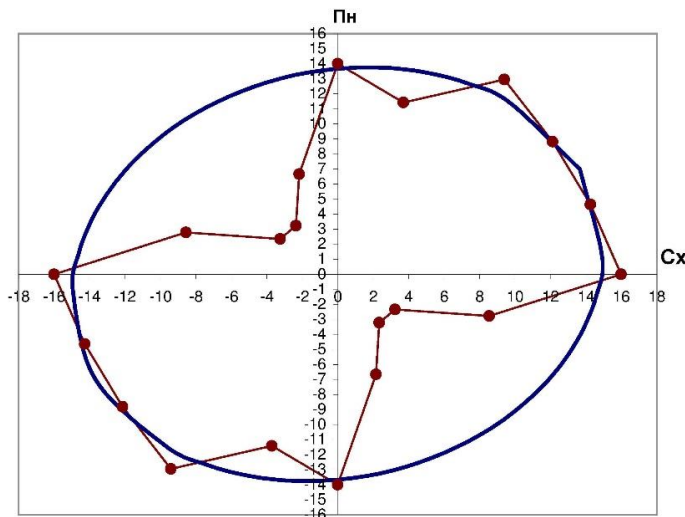


Рис. 4. Приклад характеристики анізотропії рельєфу

### Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Пропонується використовувати поліноми Чебишева для математичного моделювання ЦМР зі згладженим рельєфом. Для моделювання ЦМР з нестандартною текстурою, що характерна для мікрорельєфних форм доцільно використовувати сферичні функції.
2. Спільним для них є ортогональність і можливість побудови системи цих функцій з рекурентних співвідношень.
3. У випадку значного впливу «шуму» і виникнення певної некоректності пропонується застосовувати метод регуляризації, основою якого є функції висот і функції стрімкості. Таке поєднання дозволяє більш повно враховувати властивості рельєфу при його математичному моделюванні.
4. Аналіз морфометричних властивостей рельєфу із застосуванням корелограм має такі переваги. Корелограми не випадкові, можуть бути описані математично, дозволяють здійснювати поділ на детерміновану та випадкову складову.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Флоринский И.В. Точный метод расчета локальных характеристик рельефа / И.В. Флоринский // Геодезия и картография. – 2009. – №6. – С. 56–65.
2. Флоринский И.В. О точности вычислений в цифровом моделировании рельефа / И.В. Флоринский // Геодезия и картография. – 2008. – №6. – С. 28–32.
3. Рудий Р.М. Выбор признаков для классификации форм рельефа / Р.М. Рудий // Изв. Вузов.: Геодезия и аэрофотосъемка. – 1987. – №1. – с. 35–39.
4. Бурштинська Х.В. Колокація з умовами у цифровому моделюванні рельєфу / Х.В. Бурштинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2002. – Вип. 62. – С. 103–110.
5. Бурштинська Х.В. Теоретичні основи та експериментальні дослідження математичних функцій для побудови цифрових моделей рельєфу / Х.В. Бурштинська, О.С. Заяць // Вісник геодезії та картографії. – 2002. – №4. – С. 32–37.
6. Мельник В.М. Кількісна стереомікрофрактографія: Монографія [Текст] / В.М. Мельник, А.В. Шостак. – Вид. «Твердиня». – М. Луцьк, 2010. – 457 с.
7. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
8. Пашковский С. Вычислительные применения многочленов и рядов Чебышева / С. Пашковский. – М.: Наука, 1983. – 384 с.
9. Корн Г. Справочник по математике. / Г. Корн, Т. Корн – М.: Наука, 1970. – 720 с.
10. Никифоров А.Ф. Основы теории специальных функций // А.Ф. Никифоров, В.В. Уваров. – М.: Наука, 1974. – 303 с.
11. Bunge, H.J. Mathematische Methoden der Textur analyse / H.J. Bunge – Berlin: Academie Verlag, 1969. – 325 s.
12. Охріменко М.Г. Методи розв'язування некоректно поставлених задач // М.Г. Охріменко, О.А. Жуковська, О.О. Купка. – К.: Центр учб. літер., 2008. – 165 с.
13. Аверченков В.И. Метод компьютерной реконструкции рельефа поверхности интерпретацией сфокусированности изображений / В.И. Аверченков, Д.В. Чмыхов // Вестник БГТУ. – 2008. – №2(18). – С. 111–116.
14. Королюк В.С. Справочник по теории вероятностей и математической статистике / В.С. Королюк, Н.И. Портенко, А.В. Скороход, А.Ф. Турбин. – К.: Наукова думка, 1978. – 582 с.
15. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Исследование зависимостей. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 487с.

### REFERENCES

1. Florinskiy, I.V. The exact method of calculation of the local characteristics of the relief / I.V. Florinskiy // Geodesy and cartography. – 2009. – №6. – P. 56–65.
2. Florinskiy, I.V. On the accuracy of the calculations in digital terrain modeling / I.V. Florinskiy // Geodesy and cartography. – 2008. – №6. – P. 28–32.
3. Rudyi, R.M. Feature selection for classification of land forms / R.M. Rudyi // Izvestiya Vuzov «Geodesy and aerophotography». – 1987. – №1. – P. 35–39.
4. Burshtynska, Kh.V. Collocation with conditions in digital terrain modeling / Kh.V. Burshtynska // Geodesy, Cartography and Aerial Photography. – 2002. – Is. 62. – P. 103–110.
5. Burshtynska, Kh.V. The theoretical basis and experimental study of mathematical functions to build digital elevation models / Kh.V. Burshtynska, O.S. Zayacz // Herald of Geodesy and Cartography. – 2002. – №4. – P. 32–37.
6. Melnyk, V.M. Quantitative stereomicrofracturing. Monograph [Tekst] / V.M. Melnyk, A.V. Shostak. – Pub. House «Tverdinya». – M. Lutsk, 2010. – 457 p.
7. Mitropolskiy, A.K. The technique of statistical computations / A.K. Mitropolskiy. – M.: Nauka, 1971. – 576 p.
8. Pashkovskiy, S. Computational appliace of Tchebychev's polynomials and series / S. Pashkovskiy. – M.: Nauka, 1983. – 384 p.
9. Korn, H. Guide in Mathematics / H. Korn, T. Korn – M.: Nauka, 1970. – 720 p.
10. Nikiforov, A.F. Foundations of the theory of special functions // A.F. Nikiforov, V.V. Uvarov. – M.: Nauka, 1974. – 303 p.
11. Bunge, H.J. Mathematische Methoden der Textur analyse / H.J. Bunge – Berlin: Academie Verlag, 1969. – 325 s.
12. Oxrimenko M.G. Methods of solving ill-posed problems // M.G. Oxrimenko, O.A. Zhukovsika, O.O. Kupka. – K.: Center of Educational Literature, 2008. – 165 p.
13. Averchenkov, V.I. The method of computer-aided reconstruction of the surface topography interpretation of focus of the images / V.I. Averchenkov, D.V. Chmykhov // Vestnik BGU. – 2008 – №2(18). – P. 111–116.
14. Korolyuk, V.S. The manual on the theory of probability and mathematical statistics / V.S. Korolyuk, N.I. Portenko, A.V. Skoro-khod, A.F. Turbin. – K.: Naukova dumka, 1978. – 582 p.
15. Ayvazyan, S.A. Applied Statistics: exploration of dependencies / S.A. Ayvazyan, I.S. Enyukov, L.D. Meshalkin. – M.: Publishing house "Finance and Statistics", 1985. – 487 p.

### Mathematic–statistical analysis of morphometric characteristics of the relief

V. Melnik, Yu. Blinder, O. Piskunova

**Abstract.** The article deals with two methods of mathematical approximation of digital elevation models in a rectangular and spherical coordinate system. The first method offers the appliance of Chebyshev polynomials, the second – ordinary spherical functions without application of Legendre functions. The common features between these methods are orthogonality and possibility of getting the system of these functions by recurrence relations. In case of significant "noise" impact and the appearance of impropriety after Adamar, academician A. Tikhonov's regularized solution method is offered. The effectiveness of regularization is illustrated. Probabilistic estimation of morphometric characteristics of the relief is possible on the basis of receiving hexadimensional covariance matrix and application of a simplified version through calculation of variograms and planar diagrams of anisotropy.

**Keywords:** Chebyshev polynomials, spherical functions, regularization, variograms, anisotropy

## Компаративні методи картографічної оцінки урбанізованості територій та зонінгу населених пунктів

В. Мельник<sup>1</sup>, О. Верешко<sup>2\*</sup>, Л. Вакулюк<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

<sup>2</sup> Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

\*Corresponding author. E-mail: oleg\_lutsk@rambler.ru

Paper received 05.11.15; Revised 12.11.15; Accepted for publication 20.11.15.

**Анотація.** В статті розглянуті питання отримання картографічних проекцій циліндричної групи змінно-масштабної метрики та варівалентного типів. Змінно-масштабні проекції доцільно застосовувати при потребі підвищеного показу домінуючих соціально-економічних факторів, показників тощо. В математичних моделях варівалентних проекцій в якості аргументів, окрім географічних координат, вводяться додаткові показники, якими більш чітко відображається поширення картографованих явищ, наприклад, екологічних ситуацій, стан урбанізованості територій та ін. При розв'язанні проблем зонінгу населених пунктів часто використовуються, крім традиційних карт, анаморфовані. Такі карти характеризуються незвичною топологією, а їх побудова є нетривіальною задачею. Відповідно, в статті розглянута теорія і практика отримання таких карт.

**Ключові слова:** урбанізовані території, зонінг населених пунктів, псевдоциліндрична проекція змінно-масштабної метрики циліндрична варівалентна проекція, анаморфовані карти

**Вступ.** В сучасних умовах виникає необхідність у модифікації традиційного картографічного забезпечення містобудівних потреб, оптимізації інфраструктури, раціонального розміщення продуктивних сил тощо [1, 2]. Особливо це стосується тотального застосування геоінформаційних технологій [3]. В контексті останнього, застосування класичних картографічних проекцій Гаусса-Крюгера та УТМ мають певні обмеження, оскільки не дозволять варіювати питаннями урбанізованості територій. Внаслідок цього виникає потреба розробки новітніх методів, до яких відносяться псевдоциліндричні картографічні проекції змінно-масштабної метрики, циліндричні варівалентні проекції та проекції анаморфованих карт [4, 5, 6, 7].

При створенні ряду тематичних карт, перш за все соціально-економічних, традиційні проекції не завжди забезпечують умови для кращого відображення досліджуваних явищ [8]. Можливими варіантами розв'язку цих проблем є пошук так званих найкращих картографічних проекцій. На сьогодні відомі два напрямки отримання найкращих проекцій [9]. Основою першого є теорема Чебишева, за якою визначаються проекції, в яких в межах картографованої області максимум модуля логарифму масштабу повинен приймати мінімальні значення. Другий напрямок передбачає одержання і оцінку спотворень проекцій як в окремих точках, так і по всій області. При цьому використовують критерій оцінок переваг проекцій, запропонованих Ейрі, Йорданом, В. Каврайським, Г. Конусовою та іншими, достатньо повно описаними в літературі [5]. таким чином можна визначати проекції, що відносяться як до мінімаксного типу, так і до варіаційного.

Але в картографічній практиці частіше мають місце випадки, коли визначальним фактором вибору і використання проекцій є не величина спотворень та характер їх розподілу, а інші фактори або їх сукупність [6, 8]. Відповідно до цього найкращі проекції можуть бути двох типів: проекції, що забезпечують мінімум спотворень і кращий їх розподіл за критеріями мінімаксного або варіаційного типів; проекції, що забезпечують оптимальну відповідність вимогам згідно з призначенням створюваної карти [10, 11].

В загальному змісті ідеальними можна назвати проекції, в яких забезпечується оптимальне виконання вимог до картографічних проекцій згідно призначення карт і на конкретній території. Проте картографічних проекцій, однаково придатних для всіх випадків практики просто не існує. Їх потрібно отримувати для кожного конкретного завдання. Отримувати картографічні проекції спеціального призначення можна без строгого дотримання окреслених умов.

Відображення концентрованого змісту на малій площі карти при використанні традиційних проекцій досить затруднене [6]. Застосування спеціальних змінно-масштабних та варівалентних проекцій, основною перевагою яких є зображення заданих ділянок території в більш крупному масштабі, ніж головний масштаб усієї створюваної карти, є одним з рішень вказаної проблеми.

На сьогодні дуже важливим є питання картографічної оцінки урбанізованості територій та зонінгу населених пунктів [1]. Крім можливого застосування картографічних проекцій змінно-масштабної метрики, досить ефективним є картографічне відображення анаморфованими картами [12].

Метою даного дослідження є обґрунтування вибору картографічних проекцій змінно-масштабної метрики і варівалентних типів для регіонального тематичного картографування, зокрема оцінки урбанізованості територій, а також алгоритмізація анаморфованого відображення зонінгу населених пунктів.

**Аналіз останніх наукових досліджень.** В сучасній вітчизняній геодезичній літературі спостерігається незначна кількість публікацій з математичної картографії, однак слід відмітити такі дослідження. Обґрунтуванню вибору оптимальних проекцій при кадастровому картографуванні присвячена робота [4]. Цікавими і перспективними є методи застосування варіаційних принципів в оптимізації картографічних проекцій для України та її окремих регіонів [10]. Питання вибору картографічних проекцій відображення транскордонних екологічних ситуацій України розглянуті в роботі [3]. Посібник [9], за винятком окремих розділів, має навчально-методичний характер.

**Матеріали і методи.** В даному дослідженні основними матеріалами слугували фондові статистичні дані (звіти, проекти тощо) управління містобудування, архітектури та житлово-комунального господарства Волинської облдержадміністрації, виконавчих органів Луцької міської ради, проектних установ та організацій та інших.

Методи дослідження – теоретико-практичні задачі математичної та практичної картографії.

## Результати та їх обговорення

**1. Алгоритм псевдоциліндричної картографічної проекції змінно-масштабної метрики.** Як правило, циліндричні проекції використовуються у випадку, коли відображуване явище поширюється тільки по широті або по довготі [4]. У випадку відображення домінуючих явищ доцільно застосовувати псевдоциліндричні проекції змінно-масштабної метрики.

В загальному випадку псевдоциліндричні проекції задаються рівняннями:

$$X = f_1(\varphi), \quad Y = f_2(\varphi, \lambda) \quad (1)$$

При застосуванні поліноміального апроксимування рівняння (1) мають вигляд:

$$X = R \sum_{i=1}^m a_i \varphi^i, \quad Y = R \lambda \left( 1 + \sum_{i=1}^{m_2} b_i \lambda^i \right) \cos \varphi. \quad (2)$$

Параметри проекції ( $a_i; b_i$ ) визначаються за методом найменших квадратів наступним чином. За правилами математичної картографії визначаються рівняння масштабів  $m, n$  і  $p$ .

$$m^2 = \frac{\left( \frac{\partial x}{\partial \varphi} \right)^2 + \left( \frac{\partial y}{\partial \varphi} \right)^2}{R^2 (\partial \varphi)^2} = \quad (3)$$

$$= \left( \sum_{i=1}^{m_1} i a_i \varphi^{i-1} \right)^2 + \lambda^2 \left( 1 + \sum_{i=1}^{m_2} b_i \lambda^i \right)^2 \sin^2 \varphi$$

$$n^2 = \frac{\left( \frac{\partial x}{\partial \lambda} \right)^2 + \left( \frac{\partial y}{\partial \lambda} \right)^2}{R^2 \cos^2 \varphi (\partial \lambda)^2}.$$

$$n = 1 + \sum_{i=1}^{m_2} (i+1) b_i \lambda^i. \quad (4)$$

$$p = m \cdot n \cdot \cos \varepsilon, \quad (5)$$

$$\varepsilon = 90^\circ - \theta.$$

Задаючись в різних точках вибраної паралелі значеннями  $n_{ki}$  можна скласти систему рівнянь виду:

$$\sum_{i=1}^{m_2} (i+1) b_i \lambda^i = n_{ki} - 1, \quad (6)$$

з розв'язку якої визначаються постійні коефіцієнти  $b_i$ .

Аналогічно, для значень масштабів ряду точок вздовж вибраних меридіанів складається система рівнянь виду:

$$\sum_{i=1}^{m_1} i a_i \varphi^{i-1} = m^2 - \lambda^2 \left( 1 + \sum_{i=1}^{m_2} b_i \lambda^i \right)^2 \sin^2 \varphi. \quad (7)$$

Після визначення  $a_i, b_i$  обчислюються за формулами (2) прямокутні координати вузлових точок змінно-масштабної псевдоциліндричної проекції. Варіативність останньої регулюється заданими  $m, n$  і  $p$ .

Розвиток тематичного картографування в містобудівних аспектах потребує розробки анаморфованих карт і проекцій зі змінно-масштабною метрикою. Такі карти суттєво розширюють можливості картографування з відображенням різноманітної інформації, зокрема домінуючої. Даний підхід дозволяє регулювати неоднакове навантаження у різних частинах містобудівної карти.

**2. Алгоритм варівалентної циліндричної проекції.** Циліндричні варівалентні проекції доцільно використовувати для випадків, коли додатково відображуване явище має чітко виражене широтне або довготне поширення [6]. Широтно-довготне поширення картографованого явища характеризується сталістю своїх значень у межах визначених широтних і довготних зон, тобто в усіх точках цієї паралелі явище  $W$  має однакові зміни по широті, а в усіх точках цього меридіана однакові зміни по довготі. Загальні рівняння цієї проекції представимо у вигляді:

$$X = \int V_1 dx \\ Y = \int V_2 dy, \quad (8)$$

де  $V_1 = f_1(\varphi), V_2 = f_2(\lambda)$ ;  $X, Y$  – координати точок перетину ліній координатної сітки рівновеликої циліндричної проекції, наприклад:

$$X = R \cdot \sin \varphi \\ Y = R \cdot \lambda. \quad (9)$$

Продиференціюємо (8) і, використовуючи загальні формули математичної картографії та рівняння (9), одержимо:

$$m = V_1 \cdot \cos \varphi \\ n = V_2 / \cos \varphi. \quad (10) \\ p = V_1 \cdot V_2$$

Нехай характеристики відображуваних явищ дорівнюють частковим масштабам площ. Тоді, враховуючи, що  $f = 0$ , можна записати:

$$p = f_1(\varphi) \cdot f_2(\lambda) = W. \quad (11)$$

Визначимо вирази для функції  $W$ . Для цього представимо  $V_1, V_2$  у вигляді:

$$V_1 = e^{\sum_0^n (\alpha_n \varphi^n)} \\ V_2 = e^{\sum_0^n (\beta_n \lambda^n)}. \quad (12)$$

Звідси матимемо:

$$\ln W = \ln V_1 + \ln V_2, \quad (13)$$

$$\ln W = \sum_0^n (\alpha_n \varphi^n) + \sum_0^n (\beta_n \lambda^n), \quad (14)$$

де  $\alpha_i, \beta_i$  – коефіцієнти, визначені за методом найменших квадратів.

Отже, розглянутий спосіб дає змогу відображати характеристики явищ, що мають широтне та довготне поширення. Крім того, якщо часткові масштаби довжин  $m$  і  $n$  відповідають двом різним явищам, одне з яких має тільки широтне  $f_1(\varphi)$ , а інше – тільки довготне  $f_2(\lambda)$  поширення, то є можливість відобразити додатково два явища.

Для визначення прямокутних координат розглянутої проекції переписемо (8) з урахуванням (9), (12)

$$\begin{aligned}
 X &= R \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} e^{\sum_0^n (\alpha_n \varphi^n)} \cdot \cos \varphi d\varphi \\
 Y &= R \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} e^{\sum_0^n (\beta_n \lambda^n)} \cdot d\lambda
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Абсциси і ординати виразу (14) можна одержати, наприклад, добре відомими методами чисельного інтегрування [13] тощо.

**3. Теорія і результати анаморфованого відображення містобудівного зонінгу.** Обґрунтування планувальних рішень забудови міст та раціонального використання територій для розміщення будівництва потребує комплексного містобудівного аналізу району проектування. У цьому контексті важлива роль картографічних матеріалів, що дозволяють в наочній формі відобразити природні та соціально-економічні умови району будівництва [14].

Карти і топоплани міських територій отримані в традиційних картографічних проекціях містять неповну метричну та семантичну інформацію. З цієї причини актуальною є потреба розробки нових картографічних проекцій і створення на їх основі цифрових тематичних карт із неевклідовою метрикою. Такі карти особливо важливі для оцінки сучасного стану та перспективного планування розвитку міста [7].

Нами пропонується використовувати при розв'язку управлінських задач у містобудуванні анаморфовані картографічні зображення.

Анаморфованим картографічним зображенням, або анаморфозом називають графічне зображення, похідне від традиційної карти, що утворене трансформацією масштабу, який залежить від розподілу величини прояву певного явища, відображеного на початковій карті [8]. Цей розподіл характеризується такою числовою характеристикою як щільність. Найбільш розповсюдженим різновидом таких зображень є площинні анаморфози, які вирівнюють у просторі карти щільність явища за рахунок зміни площ областей початкового картографічного зображення. Анаморфози дають графічне зображення території, топологічно тотожне покладеному в основу його створення [15].

Враховуючи новизну і оригінальність анаморфного картографування стисло математично обґрунтуємо цей метод.

З математичної точки зору задачу побудови анаморфози можна розглядати як задачу пошуку відображення картографічної площини  $(x, y)$  в площину  $(u, v)$ , які задані функціями:

$$u = U(x, y) \quad v = V(x, y), \tag{16}$$

що вирівнює щільність  $p(x, y)$  до деякого середнього  $\bar{p}$ . Остання вимога рівнозначна наступній:

$$\frac{\partial U}{\partial x} \cdot \frac{\partial V}{\partial y} - \frac{\partial U}{\partial y} \cdot \frac{\partial V}{\partial x} = \frac{p(x, y)}{\bar{p}}. \tag{17}$$

Щільність величини, у відповідності з якою відбувається анаморфування, пропонується розглядати як кусково-неперервну функцію  $p(x, y)$  точок площини із середнім значенням  $\bar{p}$  в межах області  $D_0$  [15].

Покриття  $D_0$  (початкове картографічне зображення) є набором територіальних одиниць  $\{S_i | i = \overline{1, n}\}$  кожна з яких характеризується постійною щільністю  $p_i$ . Будемо вважати, що  $p_i > 0, i = \overline{1, n}$ , а набір  $\{S_i | i = \overline{1, n}\}$  задовольняє умови:

$$\bigcup_{i=1}^n S_i = D_0, \Delta(S_i \cap S_j) = 0, i \neq j, \Delta(S_i) > 0, i = \overline{1, n}, \tag{18}$$

де  $\Delta(S)$  позначає площу геометричної фігури  $S$ .

Границі області  $D_0$  та її територіальних одиниць  $\{S_i | i = \overline{1, n}\}$  апроксимуємо ламаними з достатньо короткими ланками.

Запропонований алгоритм є ітеративним. На кожному кроці ітерації для будь-якої точки  $z = (x, y)$  території, що анаморфується, визначається сумарний вектор зсуву  $\vec{v}(x, y) = \sum_{i=1}^n \vec{v}_i$ , де  $\vec{v}_i$  – вектор зсуву, що створюється  $i$ -ою територіальною одиницею [12]. При цьому, якщо територіальна одиниця має форму круга радіуса  $R$  з центром в початку координат і постійною щільністю  $p$ , то вектор зсуву дорівнює

$$\vec{v}(x, y) = \begin{cases} \vec{r} \left( \frac{\tilde{R}}{R} - 1 \right), & \text{при } \|\vec{r}\| = \sqrt{x^2 + y^2} \leq R \\ \vec{r} \left( \frac{\sqrt{1 + (\tilde{R}^2 - R^2) / \|\vec{r}\|^2} - 1}{\|\vec{r}\|} \right), & \text{при } \|\vec{r}\| \geq R \end{cases}, \tag{19}$$

де  $\tilde{R} = R \sqrt{\frac{p}{\bar{p}}}$  – радіус круга, що відповідає середній щільності  $\bar{p}$ .

Із застосуванням відомої теореми Стокса [13], замість інтегрування за територіальною одиницею  $S_i$  можемо здійснювати інтегрування по її границі, яку апроксимуємо замкненою ламаною з нескінченно короткими ланками. Після перетворень отримуємо:

$$\vec{v} = -\frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^n \left( \frac{p_i - \bar{p}}{\bar{p}} \right) \cdot \left( \begin{matrix} (I_x(x_0, y_0))_i \\ (I_y(x_0, y_0))_i \end{matrix} \right)^T, \tag{20}$$

де інтеграли  $(I_x)_i = \int_{\partial S_i} \ln \|\vec{r}\| \delta y$ ,  $(I_y)_i = \int_{\partial S_i} \arctg \left( \frac{r_x}{r_y} \right) \delta y$  легко обчислюються.

Практичне застосування виразу (20) передбачає здійснення інтегрування вздовж кожної з ланок внутрішніх границь територіальних одиниць  $S_i$ .

На основі запропонованого алгоритму розроблено програмний модуль побудови анаморфованих картографічних зображень, використовуючи який отримана серія з 15 анаморфованих карт для типового обласного центру України (на прикладі міста Луцька).

Як приклад, наведено анаморфовані картографічні зображення, що характеризують доступність до центру міста Луцька (рис. 1), забезпеченість школами та дошкільними закладами районів міста Луцька (рис. 2) та містобудівну цінність оціночних районів міста Луцька (рис. 3).





Рис. 1. Анаморфована карта доступності до центру м. Луцька

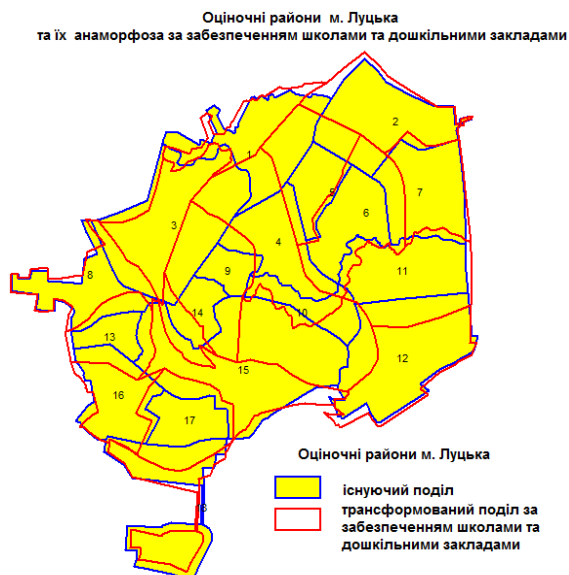


Рис. 2. Анаморфована карта забезпеченості школами та дошкільними закладами районів м. Луцька



Рис. 3. Анаморфована карта містобудівної цінності оціночних районів міста Луцька

### Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Картографічні проекції змінно-масштабної метрики і варивалентних типів можна успішно застосовувати в тематичному картографуванні, зокрема у відображенні екологічних проблем та урбанізованості території України в цілому і окремих її регіонів.
2. Викладені в статті алгоритми не є вичерпними при розв'язанні поставлених задач, але разом з тим дозволяють отримати низку змінно-масштабних про-екцій, що уможливають виконання умови на стиснення і розтяг зображення.
3. Застосування в зонінгу населених пунктів спільно з традиційними картами анаморфованих дозволяє сут-тєво підвищувати наочність окремих проблемних питань і можливість їх адекватного розв'язання.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Алфьоров М.А. Урбанізаційні процеси в Україні в 1945–1991 рр: Монографія / М.А. Алфьоров – Донецьк: Донецьке відділення НТШ ім. Шевченка, ТОВ «Східний видавничий дім» 2012. – 552 с.
2. Куць Є.С. Урбанізовані території: методологія та практика планування і управління / Є.С. Куць, С.В. Куць // Науководослідний і проектний інститут містобудування Держбуду України (НДПІ містобудування). – Мелітополь, ТОВ „Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні”, 2003. – 252 с.
3. Кочуров Б.И. Геоэкологическое картографирование / Б.И. Кочуров // Уч. метод. пособие. – М.: Изд-во центр «Академия», 2009. – 192 с.
4. Бугаевский Л.М. Картографические проекции / Л.М. Бугаевский, Л.А. Вахрамеева. – М.: Недра, 1992. – 292 с.
5. Бугаевский Л.М. Математическая картография / Л.М. Бугаевский. – М.: Златоуст, 1998. – 400 с.
6. Бугаевский Ю.Л. Варивалентные проекции типа псевдоцилиндрической для анаморфованных карт / Ю.Л. Бугаевский // Изв. вузов. Сер.: Геодезия и аэрофотосъемка. – 1986. – №6. – С. 139-144.
7. Мудрих З. О предметах и методах анаморфоза карт / З. Мудрих // Картография. Вып. I. Зарубежные концепции и направления исследований. – М.: Изд-во «Прогресс», 1983. – С. 152-160.
8. Тикунов В.С. Моделирование в картографии: Учебник / В.С. Тикунов -М.: Изд-во МГУ, 1997. -405 с.
9. Мельник В.М. Основи картографії: навчальний посібник / В.М. Мельник. – Луцьк : РВВ Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. – 212 с.
10. Барановський В.Д. Варіаційні методи оптимізації картографічних проекцій для України та її окремих регіонів / В.Д. Барановський // Вісник геодезії та картографії. – №3. 2006. – С. 13-17.



11. Барановський В.Д., Карпінський Ю.О., Кучер О.В., Лященко А.А. Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру // Системи координат і картографічні проєкції за заг. ред. Ю.О. Карпінського. – К.: НДІГК, 2009. – 96 с. / Сер. Геодезія, картографія, кадастр.
12. Свентэк Ю.В. Теоретические и прикладные аспекты современной картографии / Ю.В. Свентэк – М.: Эдиториал, 1999. – 78 с.
13. Корн Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн – М.: Наука, 1970. – 720 с.
14. Тикунов В.С. Использование анаморфированных картографических изображений в градостроительном анализе / В.С. Тикунов, С.А. Юдин // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1987. № 1. С. 100-105.
15. Гусейн-Заде С.М. Численные методы создания анаморфированных картографических изображений / С.М. Гусейн-Заде, В.С. Тикунов // Геодезия и картография. – 1987. – №1. – С. 38-44.

#### REFERENCES

1. Alforov M.A. Urbanization processes in Ukraine in 1945-1991 biennium: Monograph / M.A. Alforov – Donetsk office of Shevchenko Scientific Society, LLC "East Publishing House", 2012. – 552 p.
2. Kuts', Ye.S. Urban areas: methodology and practice of planning and management / Ye.S. Kuts', S.V. Kuts' // Research and Design Institute of Urban Development State Construction Committee of Ukraine (Research and Design Institute of urban development). - Melitopol, LLC "Publishing house Melitopol City printing", 2003. – 252 p.
3. Kochurov, B.I. Geocological mapping / B.I. Kochurov // Training Manual. M.: Publishing Center "Academy", 2009. – 192 p.
4. Bugaevskij, L.M. Map Projections / L.M. Bugaevskij, L.A. Vaxrameeva. – M.: Nedra, 1992. – 292 p.
5. Bugaevskij, L.M. Mathematical cartography / L.M. Bugaevskij. – M.: Zlatoust, 1998. – 400 p.
6. Bugaevskij, Yu.L. Vary-valence projection of pseudocylindric type for anamorphic maps / Yu.L. Bugaevskij // Izv. vuzov.: Geodesy and Aerial Photography. – 1986. – №6. – P. 139-144.
7. Mudrih, Z. On the subject and method of anamorphosis map / Z. Mudrih // Cartography. Issue I. The foreign concepts and areas of research. – M.: Publishing House "Progress", 1983. – P. 152-160.
8. Tikunov, V.C. Modelling in cartography: Textbook / V.C. Tikunov. – M.: Publishing House MSU, 1997. – 405 p.
9. Mel'nyk, V.M. Fundamentals of cartography: Tutorial / V.M. Mel'nyk. – Luts'k Editing and Publishing Department of East European National University Ukrainian, 2012. – 212 p.
10. Baranovskyy, V.D. Variational methods of optimization map projections for Ukraine and its separate regions / V.D. Baranovskyy // Herald of Geodesy and Cartography. – #3. 2006. – P. 13-17.
11. Baranovskyy, V.D., Karpins'kyy, Yu.O., Kucher, O.V., Lyashchenko, A.A. Topographic and geodetic and cartographic software cadastre // The coordinate systems and map projections. for the Society. Ed. Yu.O.Karpinskoho. – K.: NIIGK, 2009. – 96 p. / Series of geodesy, cartography, cadastre.
12. Sventjek, Ju.V. Theoretical and applied aspects of modern cartography / Ju.V. Sventjek – M.: Jeditorial, 1999. – 78 p.
13. Korn, H. Guide in Mathematics / H. Korn, T. Korn – M.: Nauka, 1970. – 720 p.
14. Tikunov, B.C. Using anamorphic image map in an urban analysis / B.C.Tikunov, S.A. Judin // News of AS of SSSR. Ser. Geogr. 1987. № 1. P. 100-105.
15. Gusejn-Zade, S.M. Numerical methods for creating animated map images / S.M. Gusejn-Zade, V.S. Tikunov // Geodesy and Cartography. – 1987. – №1. – P. 38-44.

#### Compartmental methods of mapping evaluation of urbanization of areas and zoning of settlements

V.N. Melnyk, O.V. Vereshko, L.A. Vakulyuk

**Abstract.** The article deals with the issue of getting a cylindrical map projections of variable-metric scale and varivalent types. Variable-scale projections are useful if you need to display dominance of socio-economic factors, indicators and so on. In mathematical models of varivalent projections as an arguments, besides geographical coordinates are entered additional indicators that more accurately reflects the spread of mapping phenomena, such as ecological situation, the state of urbanization and others. In solving the problems of zoning of settlements in addition to traditional maps are often used anamorfoza maps. Such maps are characterized by unusual topology, and their construction is a nontrivial task. Accordingly, this paper deals with the theory and practice of receiving such maps.

**Keywords:** urban territory, zoning of settlements, cylindrical map projections of variable-metric scale, cylindrical varivalent projection, anamorfoza maps

## Разработка новой технологии дегазации резервуаров хранения светлых нефтепродуктов

С.В. Гарбуз, А.А. Ковалёв

Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков, Украина

Paper received 26.11.15; Revised 01.12.15; Accepted for publication 15.12.15.

**Аннотация.** На примере резервуара РВС-5000 показана экологическая опасность процесса его дегазации, произведён расчет концентрации вредных веществ (углеводородов) в атмосферном воздухе для действующего в Украине способа дегазации, на всех его стадиях. На примере международного опыта, показана необходимость внедрения установок улавливания паров углеводородов, для эффективной эксплуатации которых предложен новый, эжекторно-вихревой способ принудительной вентиляции резервуаров.

**Ключевые слова:** дегазация резервуаров, принудительная вентиляция, вредные вещества, экологическая опасность, способ дегазации

### 1. Введение

Ежегодно Украина потребляет более 20 млн. т. нефти и продуктов её переработки [1], что предполагает содержание достаточно большого резервуарного парка страны, при этом суммарный объём резервуаров хранения светлых нефтепродуктов составляет более 1,5 млн. т. [2].

Для надёжной и безопасной эксплуатации резервуаров хранения нефтепродуктов, согласно действующим в Украине правилами технической эксплуатации резервуаров хранения нефтепродуктов и руководством по их ремонту [3], резервуары выводятся их эксплуатации для проведения плановых, внеплановых и капитальных ремонтных работ, а также для проведения периодической очистки (от 1 до 2 раз в год). Самой сложной и экологически опасной технологической операцией выполняемой при выводе резервуаров с остатками нефтепродуктов из эксплуатации, является их дегазация [4]. При дегазации резервуара в атмосферный воздух поступает значительное количество углеводородных паров, вызывая следующие негативные последствия:

- Пары углеводородов высокотоксичны и оказывают отравляющее действие на организм человека и прилегающие экосистемы;
- Пары углеводородов легко воспламеняемы, вытеснение из резервуара значительного количества углеводородных паров повышает пожарную опасность процесса дегазации;
- Прямой экономический ущерб, вследствие потерь нефтепродукта при рассеивании паров углеводородов в атмосфере. Для уменьшения экономических потерь, действующие в Украине ВБН В.2.2-58.1-94, только рекомендуют применение на резервуарах установок для улавливания паров нефтепродуктов.

Для повышения экологической безопасности населения в районах размещения резервуаров хранения нефтепродуктов, необходимо установить концентрацию вредных веществ (углеводородов) в атмосферном воздухе при существующем способе дегазации резервуаров и обосновать организационно-технические меры, направленные на снижение экологической опасности дегазации резервуаров.

### 2. Анализ последних достижений и публикаций

В Украине дегазация резервуаров хранения светлых нефтепродуктов в большинстве случаев осуществляется принудительной вентиляцией внутреннего газового пространства. Согласно действующим в Украине

правилам проведения дегазации резервуаров [5], при выбросе газовой смеси из резервуара, наибольшая концентрация вредных веществ в приземном слое атмосферы ( $C_m$ ) не должна превышать максимальной разовой предельно допустимой концентрации  $C_m$  ПДК, которая составляет  $5 \text{ мг/м}^3$ . Для поддержания концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы в рамках ПДК, экологически опасный процесс дегазации «растягивают» от 2 до 4 суток, разделяя его на 6 стадий с различными интенсивностями подачи воздуха. Принудительная вентиляция применяется, после снижения концентрации паров нефтепродуктов в резервуаре ниже 0,5 нижнего предела воспламенения (НПВ), поэтому на 1 и 2 стадиях применяется естественная вентиляция.

Несмотря на отсутствие залпового выброса вредных веществ (углеводородов) в атмосферный воздух, опасность для здоровья человека и прилегающих экосистем обусловлена продолжительным временем воздействия относительно малых выбросов, учёт которых обязателен при оценке экологической опасности дегазации, например, в Европейском союзе (ЕС), где согласно директиве 94/63/ЕС введены нормативы на улавливание паров углеводородов. К 2000 году все АЗС, а к 2004 г. все резервуарные парки нефтебаз, терминалы загрузки светлых нефтепродуктов (в том числе и автоцистерны) эксплуатируемые в странах ЕС были оснащены системами улавливания паров, обеспечивающих полноту улавливания от 98% углеводородов [6].

В странах Европейского союза, США, Канаде и Японии законодательно ограничены выбросы паров углеводородов из резервуаров на уровне 98-99 %. Эксплуатируемые в данных странах резервуары оснащены различными типами установок для улавливания паров углеводородов. Наибольшее распространение, в данных странах, получили установки для улавливания паров основанные на следующих принципах работы [7-9]:

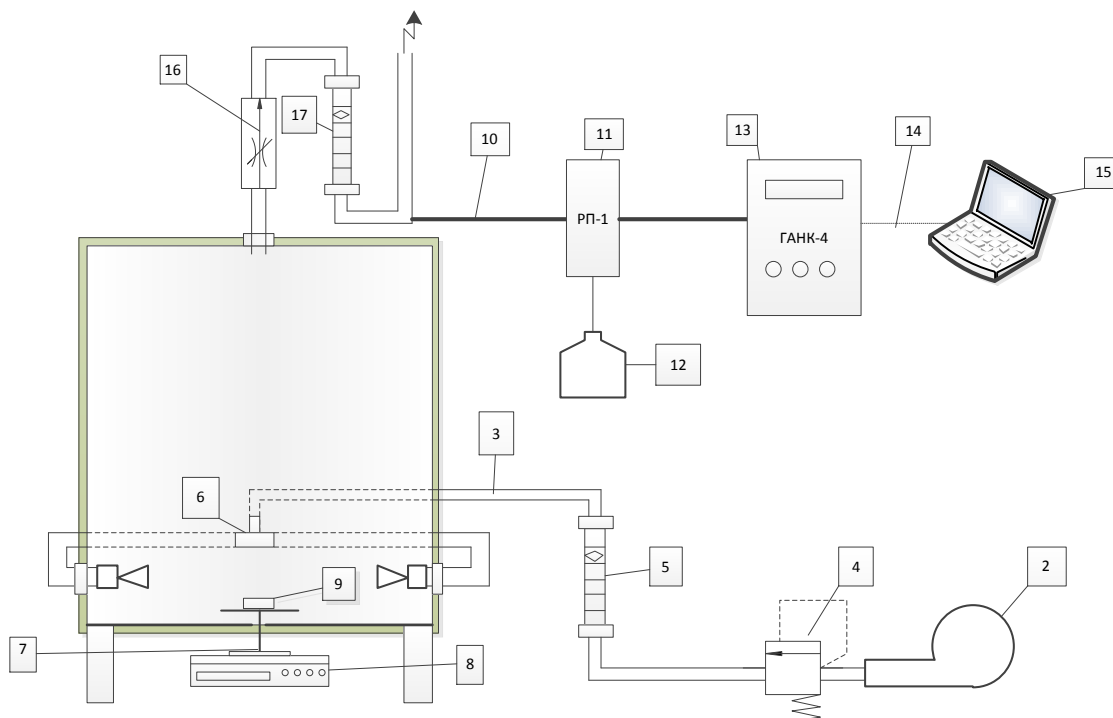
1. Захолаживание паровоздушной смеси в холодильниках с использованием жидкого азота до конденсации углеводородов в жидкую фазу.
2. Адсорбция углеводородов из смеси адсорбентом с последующей десорбцией.
3. Разделение паровоздушной смеси на аэрофобных мембранах, обладающих определенной селективностью.

Также рассматриваются возможности, при проведении дегазации, подачи во внутреннее пространство резервуара инертных газов [10], применение различных схем подачи и отведения воздуха [11,12].

### 3. Результаты исследования экологической опасности дегазации резервуаров хранения светлых нефтепродуктов

Оценку экологической опасности дегазации, проводимой путём принудительной вентиляции, произведём на примере резервуара РВС-5000 объемом 5000 м<sup>3</sup> [13]. Необходимость определения скорости выхода газовой среды и концентрации паров нефтепродуктов (углеводородов) до начала и после окончания процесса принудительной вентиляции, потребовала создания

экспериментального стенда (ЭС), схема которого представлена на рис. 1. ЭС изготовлен из органического стекла толщиной 3 мм в виде вертикального цилиндрического сосуда и конструктивно представляет собой сосуд, геометрически подобный РВС-5000. Масштаб ЭС равен 1:17 от промышленного резервуара РВС-5000. Исходные данные используемые в расчетах и данные проведенного эксперимента представлены в табл. 1.



**Рис. 1.** Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – экспериментальный резервуар; 2 – вентилятор; 3 – линии подачи воздуха; 4 – клапан сброса избыточного давления воздуха; 5 – ротаметр; 6 – тройник; 7 – штатив; 8 – электронные весы «AND EK-1200i»; 9 – емкость с нефтепродуктом; 10 – поливиниловые трубки для отбора проб на газовый анализ; 11 – разбавитель (РП-1); 12 – сорбционный фильтр (ФС-1); 13 – газоанализатор универсальный «ГАНК-4»; 14 – кабель для подключения к ПЭВМ; 15 – ПЭВМ; 16 – регулируемая заслонка на линии удаления паров (имитация фильтра); 17 – ротаметр; 18 – воздушные эжекторы

**Таблица 1.** Исходные расчётные данные и результаты эксперимента в пересчёте для резервуара РВС-5000

Параметр вентиляции и выбросов паров нефтепродуктов	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Стадия 4	Стадия 5	Стадия 6
Вместимость резервуара V	5000 м <sup>3</sup>					
Концентрация паров нефтепродуктов до начала вентиляции C <sub>1</sub> (C>0,5 НПВ)	300 г/м <sup>3</sup>	100 г/м <sup>3</sup>	50 г/м <sup>3</sup>	10 г/м <sup>3</sup>	5 г/м <sup>3</sup>	0,3 г/м <sup>3</sup>
Концентрация паров нефтепродуктов после вентиляции C <sub>2</sub>	100 г/м <sup>3</sup>	50 г/м <sup>3</sup>	10 г/м <sup>3</sup>	5 г/м <sup>3</sup>	0,3 г/м <sup>3</sup>	0,1 г/м <sup>3</sup>
Количество газоотводных труб	1	1	1	1	1	2
Диаметр устья трубы	0,16 м	0,25 м	0,25 м	0,25 м	0,25 м	0,25 м
Высота трубы	14,9 + 2 = 16,9 м (14,9 м – высота резервуара; 2 м – высота газоотвода)					
Производительность вентиляции Q	500 м <sup>3</sup> /ч	1000 м <sup>3</sup> /ч	3000 м <sup>3</sup> /ч	5000 м <sup>3</sup> /ч	10000 м <sup>3</sup> /ч	40000 м <sup>3</sup> /ч
	0,14 м <sup>3</sup> /ч	0,28 м <sup>3</sup> /ч	0,83 м <sup>3</sup> /ч	1,4 м <sup>3</sup> /ч	2,8 м <sup>3</sup> /ч	11,1 м <sup>3</sup> /ч
Скорость выхода газовой среды v	5,6 м/с	5,6 м/с	16,8 м/с	28 м/с	50 м/с	50 м/с

Расчет продолжительности каждого этапа вентиляции произведём по формуле:

$$\tau = \frac{V}{q \cdot \eta} \cdot \ln \frac{C_1}{C_2}, \quad (1)$$

где V – вместимость резервуара (5000 м<sup>3</sup>); q – производительность вентиляции м<sup>3</sup>/ч;

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, г/м<sup>3</sup> – концентрация паров нефтепродуктов до и после вентиляции; η – коэффициент учитывающий условия выхода газовой смеси.

Коэффициент η для каждого этапа вентиляции произведём по формуле:

$$\eta = 0,54 \cdot \left(\frac{q}{v}\right) \cdot 0,132, \quad (2)$$

где q – производительность вентиляции; v – скорость выхода газовой смеси.

Количество нефтепродуктов, удаляемых в атмосферу для каждого этапа вентиляции произведём по формуле:

$$M = \frac{V \cdot (C_1 - C_2)}{1000}, \quad (3)$$

где V – вместимость резервуара (5000 м<sup>3</sup>); q – производительность вентиляции м<sup>3</sup>/ч;

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, г/м<sup>3</sup> – концентрация паров нефтепродуктов до и после вентиляции.

Выброс паров нефтепродуктов в секунду для каждого этапа вентиляции произведём по формуле:

$$m = \frac{M}{3600 \cdot \tau}, \quad (4)$$

где M – количество нефтепродуктов, удаляемых в атмосферу на каждом этапе вентиляции; τ – продолжительности этапа вентиляции.

Результаты расчета значений формул (1)-(4) представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Характеристики процесса принудительной вентиляции

Параметр вентиляции и выбросов паров нефтепродуктов	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Стадия 4	Стадия 5	Стадия 6
Продолжительность вентиляции	54 ч.	17,2 ч.	11,5 ч.	2,75 ч.	1,3 ч.	4,4 ч.
Коэффициент η	0,30	0,40	0,47	0,46	0,55	0,64
Количество нефтепродуктов, удаляемых в атмосферу	1000 кг	250 кг	200 кг	25 кг	23,5 кг	1,0 кг
Выброс паров нефтепродуктов в секунду	5 г/с	4 г/с	3,5 г/с	2,5 г/с	1,48 г/с	0,06 г/с

Расчет максимального значения приземной концентрации вредного вещества при выбросе газовой смеси из резервуара произведём по формуле [14]:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{v_1 \cdot \Delta T}}, \quad (5)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (для Европы принимается равным 200); M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для газообразных вредных веществ принимается равным 1); m – коэффициент учитывающий условия выхода газовой смеси из устья источника выброса (для выбросов из резервуаров m=1); H – высота источника выброса над уровнем земли, м; v<sub>1</sub> – расход газовой смеси, м/с; ΔT – разность между тем

пературой выбрасываемой газовой смеси T<sub>г</sub> и температурой окружающего атмосферного воздуха T<sub>в</sub>, °C (ΔT=1); η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, η=1.

Расход газовой смеси определим по формуле:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_0, \quad (6)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м; w<sub>0</sub> – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Результаты проделанных расчетов (табл. 3.) показывают экологическую опасность существующего процесса дегазации резервуаров для здоровья человека и прилежащих экосистем. При принудительной вентиляции резервуара РВС-5000 в атмосферный воздух поступает 1,5 т. паров нефтепродуктов.

**Таблица 3.** Приземные концентрации вредных веществ при дегазации резервуара

Параметр вентиляции и выбросов паров нефтепродуктов	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Стадия 4	Стадия 5	Стадия 6
Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества при выбросе газовой смеси из резервуара	0,67 мг/м <sup>3</sup>	0,43 мг/м <sup>3</sup>	0,26 мг/м <sup>3</sup>	0,15 мг/м <sup>3</sup>	0,07 мг/м <sup>3</sup>	0,014 мг/м <sup>3</sup>
Масса вредного вещества M	5,0	4,0	3,5	2,5	1,48	0,06
Расход газовой смеси, v <sub>1</sub>	5,6 м/с	5,6 м/с	16,8 м/с	28 м/с	50 м/с	50 м/с
Максимальное значение приземной концентрации паров бензина, мг/м <sup>3</sup>						
1-й этап $C_m = \frac{200 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{16,9^2 \sqrt[3]{280}}$	0,67	-	-	-	-	-
2-й этап $C_m = \frac{200 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{16,9^2 \sqrt[3]{280}}$	-	0,43	-	-	-	-
3-й этап $C_m = \frac{200 \cdot 3,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{16,9^2 \sqrt[3]{830}}$	-	-	0,26	-	-	-
4-й этап $C_m = \frac{200 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{16,9^2 \sqrt[3]{1400}}$	-	-	-	0,15	-	-
5-й этап $C_m = \frac{200 \cdot 1,48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{16,9^2 \sqrt[3]{2800}}$	-	-	-	-	0,07	-
6-й этап $C_m = \frac{200 \cdot 0,06 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{16,9^2 \sqrt[3]{11400}}$	-	-	-	-	-	0,014

Использование установок улавливания паров углеводородов из резервуаров в сочетании с действующим в Украине технологическим регламентом проведения дегазации резервуара, путём принудительной вентиляции, не представляется возможным, ввиду наличия аэродинамического сопротивления (перепада давлений) в данных установках, которое составляет 250-450 Па [15]. Наличие аэродинамического сопротивления установки улавливания паров углеводородов, не позволяет организовать 1 и 2 стадии естественной вентиляции резервуара.

Учитывая необходимость применения фильтрационной системы для улавливания паров углеводородов из резервуаров и повышения общей эффективности принудительной вентиляции резервуаров, предложен принципиально новый, эжекторно-вихревой способ подачи приточного воздуха во внутреннее пространство резервуара, суть которого заключается в следующем:

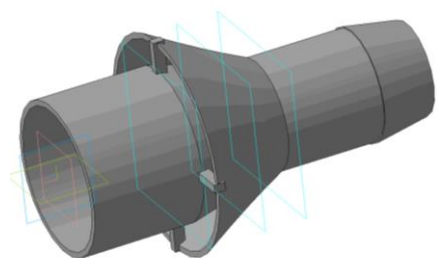


Рис. 2. Воздушный эжектор

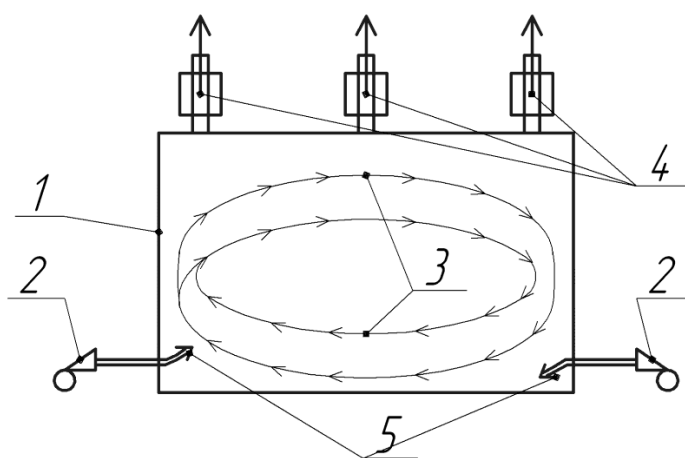


Рис. 3. Принципиальная схема эжекторно-вихревого способа дегазации резервуара  
1 – Резервуар; 2 – Ветроудельные агрегаты; 3 – Воздушный поток внутри резервуара; 4 – Система улавливания паров; 5 – воздушные эжекторы

#### 4. Обсуждение результатов исследования экологической опасности дегазации резервуаров хранения светлых нефтепродуктов

При совершенствовании действующих в Украине правил и регламентов технической эксплуатации резервуаров хранения нефтепродуктов в соответствии с общевропейскими и мировыми стандартами необходимо учитывать экологическую и пожарную опасности процесса дегазации, а также технико-экономическую эффективность дегазации.

Применение предложенного эжекторно-вихревого способа подачи приточного воздуха во внутреннее пространство резервуара позволит применить систему улавливания паров углеводородов, что позволит исключить негативное экологическое воздействие паров углеводородов, а также уменьшить уровень взрывопожароопасности принудительной вентиляции.

Дальнейшие экспериментальные исследования предложенного эжекторно-вихревого способа подачи приточного воздуха во внутреннее пространство резервуара позволят установить:

1. Зависимость потери массы одно и многокомпонентных жидкостей при существующей и предложенной схеме подачи приточного воздуха;

1. Для интенсификации конвективного массообмена и степени перемешивания внутреннего и подаваемого воздуха с парами нефтепродукта, подача воздуха осуществляется с использованием воздушного эжектора, который устанавливается внутри резервуара, на внутреннем фланце люка-лаза (рис. 2).

2. Для создания постоянной подвижности воздуха во внутреннем пространстве резервуара, путём закручивания подаваемого и имеющегося в резервуаре воздуха вдоль его стенок, предложено при проведении принудительной вентиляции резервуара, подачу воздуха осуществлять с двух осисимметричных (противоположных) сторон резервуара (рис. 3). При этом для создания кругового движения воздуха, воздушные эжекторы размещены под углом к внутренней стенке резервуара.

2. Интенсивность испарения одно и многокомпонентных жидкостей в зависимости от подвижности воздуха над поверхностью испарения;
3. Концентрацию углеводородов во внутреннем пространстве резервуара при существующей и предложенной схеме подачи приточного воздуха.
4. Время необходимое для проведения дегазации, определив экономическую эффективность процесса.

#### 5. Выводы

1. Для повышения экологической безопасности дегазации резервуаров обоснована необходимость применения фильтрующих систем при дегазации резервуаров;
2. Разработан экспериментальный стенд геометрически подобный промышленному резервуару РВС-5000, который позволил оценить экологическую опасность процесса принудительной вентиляции, а также изучить закономерности процесса вентиляции резервуаров с остатками нефтепродуктов.
3. Разработан и предложен, новый эжекторный способ подачи воздуха во внутреннее пространство резервуаров на основании, которого создана новая технология принудительной вентиляции резервуаров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический ежегодник «Украина в цифрах» [Текст] – Государственный комитет статистики Украины. – Изд. офиц. – К. 2014. – 600 с.
2. Ларионов В.И. Оценка и обеспечение безопасности объектов хранения и транспортировки углеводородного сырья [Текст] / В.И. Ларионов – СПб.:ООО «Недра», 2004. –190 с.
3. Временная инструкция по дегазации резервуаров от паров нефтепродуктов методом принудительной вентиляции [Текст] Утв. Госкомнефтепродуктом РСФСР 08.09.1981 г. – Изд. офиц. – М.: Стройиздат. 1982. – 32 с.
4. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение [Текст] / М.В. Бесчастнов – М.: Химия, 1991. – 430 с.
5. Инструкция по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов [Текст] Утв. Госкомнефтепродуктом СССР 10.11.89. – Изд. офиц. – М.: Стройиздат. 1990. –41 с.
6. EU (1994). European Parliament and Council Directive 94/63/EC of 20 December 1994 on the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations [Текст] Official Journal L 365. 1994.
7. European Commission (2006). 'Integrated Pollution Prevention and Control Best Available Techniques on Emissions from Storage, July 2006.
8. AEAT (2001). Measures to reduce emissions of VOCs during loading and unloading of ships in the EU. Report No AEAT/ENV/R/0469 Is.2 – AEA Technology, Abingdon. 2001.
9. CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). Environmental Code of Practice for Vapour Recovery in Gasoline Distribution Networks. Prepared by the National Task Force on Vapour Recovery in Gasoline Distribution Networks. CCME. Canada. 1991
10. Yinchang, Li. Experimental study on inert replacement ventilation of oil vapor in oil tank [Текст] / Yinchang Li, Yang Du, Peili Zhang // Department of Petroleum Supply Engineering, Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China.– 2012. – 45. – С. 546-551
11. Robinson, M. Recommendations for the design of push-pull ventilation systems for open surface tanks [Текст] / M. Robinson, D.B. Ingham // The Annals of Occupational Hygiene. – 1996. – 6. – С. 693–704
12. Fardell, P.J. The evaluation of an improved method of gas-freeing an aviation fuel storage tank [Текст] / P.J. Fardell, B.W. Houghton // Journal of Hazardous Materials. – 1976. – 1(3). – С. 237–251
13. Выбор технических средств для сокращения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров и транспортных емкостей [Текст] : методическое пособие / И.С. Бронштейн, В.Ф. Вохмин, В.Е. Губин, П.Р. Ривкин. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1969.–182 с.
14. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [Текст] Утв. Гос. комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 04.08.86. – Изд. офиц. – СПб.: ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ. 1986 – 79 с.
15. Кулагин А.В. Прогнозирование и сокращение потерь бензинов от испарения из горизонтальных подземных резервуаров АЗС [Текст] / А.В. Кулагин – Уфа, Спектр, 2003. – 154 с.

#### REFERENCES

1. Statistical Yearbook "Ukraine in numbers" [text] – The State Statistics Committee of Ukraine. – Ed. official. – K., 2014. – 600 p.
2. Larionov, V.I. Assessment and security of storage facilities and transportation of hydrocarbons [Text] / V.I. Larionov. – SPB. LLC "Nedra", 2004. -190 p.
3. Temporary instruction on degassing tank from the oil vapor by forced ventilation [Text] Approved by Goskomnefteprodukt of RSFSR 08.09.1981. – Ed. official. – M.: Sroyizdat. 1982. 32 p.
4. Beschastnov, M.V. Industrial explosions. Evaluation and prevention / M.V. Beschastnov – M.: Chemistry, 1991. – 430 p.
5. Guide to sweep reservoirs of oil residues [Text] Approved by Goskomnefteprodukt of USSR 10/11/89. – Ed. official. – M.: Sroyizdat. 1990 – 41 p.
6. EU (1994). European Parliament and Council Directive 94/63/EC of 20 December 1994 on the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations. Official Journal L 365. 1994.
7. European Commission (2006). 'Integrated Pollution Prevention and Control Best Available Techniques on Emissions from Storage, July 2006.
8. AEAT (2001). Measures to reduce emissions of VOCs during loading and unloading of ships in the EU. Report No AEAT/ENV/R/0469 Is.2 – AEA Technology, Abingdon. 2001.
9. CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). Environmental Code of Practice for Vapour Recovery in Gasoline Distribution Networks. Prepared by the National Task Force on Vapour Recovery in Gasoline Distribution Networks [Текст] – CCME. Canada. 1991
10. Yinchang, Li. Experimental study on inert replacement ventilation of oil vapor in oil tank [Текст] / Yinchang Li, Yang Du, Peili Zhang // Department of Petroleum Supply Engineering, Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China.– 2012. – 45. – С. 546-551
11. Robinson, M. Recommendations for the design of push-pull ventilation systems for open surface tanks [Текст] / M. Robinson, D.B. Ingham // The Annals of Occupational Hygiene. – 1996. – 6. – С. 693–704
12. Fardell, P.J. The evaluation of an improved method of gas-freeing an aviation fuel storage tank [Текст] / P.J. Fardell, B.W. Houghton // Journal of Hazardous Materials. – 1976. – 1(3). – С. 237–251
13. The choice of means to reduce oil loss from evaporation from reservoirs and transport containers [Text]: handbook / I.S. Bronshteyn, V.F. Vohmin, V.E. Gubin, P.R. Rivkin. – M.: TsNIITЭneftehim, 1969. – 182 p.
14. The method of calculating the concentration in the air of harmful substances in industrial emissions [Text]. Approved by State Committee of the USSR for Hydrometeorology and Environmental Control of 04.08.86. – Ed. official. – SPb.: Gidrometeoizdat. 1986 – 79 p.
15. Kulagin, A.V. Forecasting and reducing losses from gasoline evaporation from horizontal underground tanks of gas station [Text] / A.V. Kulagin. – Ufa, Spectrum, 2003. – 154 p.

#### Development of new technology degassing storage tank of light oil products

S.V. Garbuz, A.A. Kovalev

**Abstract.** For example, tank PBC-5000 is shown environmental hazard of degassing, calculation promoted of concentration of harmful substances (hydrocarbons) in the air for operating in Ukraine degassing method, at all stages. For example, international experience shows the necessity the introduction of hydrocarbon vapor recovery systems, for the effective operation of which offer a new ejector-vortex method of forced ventilation of tanks.

**Keywords:** degassing of tanks, forced ventilation, harmful substances, environmental hazards, a method of degassing

## Новое в технологии ликероводочных напитков

В.Л. Завьялов, В.С. Бодров, Н.В. Попова, Т.Г. Мисюра, Ю.В. Запорожец\*, А.В. Рыбачок, Ю.Ю. Прищепа, Н.В. Лапина, Г.В. Ляшко

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

\*Corresponding author. E-mail: zap\_as@mail.ru

Paper received 05.12.15; Revised 10.12.15; Accepted for publication 20.12.15.

**Аннотация.** В работе исследовано зависимость выхода биологически активных веществ из пряно-ароматического сырья от условий проведения процесса экстрагирования. Подобрано оптимальные параметры проведения процесса экстрагирования при производстве горьких настоек. Предложено новую технологию производства горьких настоек на основе водных концентрированных экстрактов пряно-ароматического сырья, что позволит уменьшить расход спирта и затраты на переработку шрота, сократит время на производство настоек, что является экономически выгодным. Существенным преимуществом является также извлечение витамина С и фенольных соединений благодаря чему горькие настойки приобретают высокую биологическую ценность и положительно влияют на организм человека.

**Ключевые слова:** экстрагирование, концентрирование, водные экстракты кардамона, имбиря и перца горького, витамин С, фенольные соединения, горькие настойки

**Введение.** Ликероводочные изделия представляют собой алкогольные напитки крепостью от 11 до 45% об. Принципиальное их отличие от других алкогольных напитков заключается в большом количестве пряно-ароматического сырья (в горьких видах) и сахара (в сладких видах), что способствует формированию четко выраженного сладкого или горького вкуса, специфического аромата и высокой экстрактивности.

В основу классификации ликероводочных изделий положены вид растительного сырья, используемого для обеспечения специфических органолептических свойств, и содержание основных компонентов (сахара, спирта). Кроме того, эти изделия различают по назначению и особенностям приготовления (табл. 1) [1].

Таблица 1. Классификация ликероводочных изделий

Группа	Содержание	
	спирта, %об.	сахара, мг/дм <sup>3</sup>
<i>Ликеры:</i>		
крепленые	30-45	32-50
десертные	25-30	35-50
кремы	20-23	50-60
наливки	18-20	25-50
<i>Настойки:</i>		
сладкие	16-25	16-30
полусладкие	30-40	2-10
горькие	25-45	-
бальзамы	40-45	-
пунши	16-17	32-40
аперитивы	15-45	7-30
напитки десертные	12-16	14-30
коктейли	20-40	0-24

**Краткий обзор публикаций по теме.** Настойки – это алкогольные напитки, которые получают путем купаживания экстрактов различного полезного сырья, имеют горьковатый, горьковато-пряный или жгучий вкус [1].

Традиционная технология производства горьких настоек предусматривает настаивание растительного сырья на водно-спиртовой смеси в течение 10-14 суток. Настаивания осуществляют с помощью двух сливов, продолжительность которых колеблется от 5 до 7 суток каждый с последующим их купаживанием и доведением до крепости 40% об [1]. Этот про-

цесс является длительным, с высокими затратами спирта и последующим извлечением спирта из шрота. Получаемая при этом настойка владеет низкой биологической ценностью.

Подбор компонентов горькой настойки проводили по физико-химическому составу сырья. За основу горькой настойки выбрали кардамон, имбирь и перец красный горький. Семена кардамона и корневища имбиря богатые эфирными маслами, кальцием, магнием, фосфором, натрием, железом, цинком, калием, витаминами группы В, витаминами С, А и РР. Перец красный горький, кроме капсаицина богатый витаминами А, В, Е, РР и в большой концентрации витамином С. Кроме того, в нем содержатся каротин, масла и углеводы [2].

**Цель.** Исходя из вышесказанного целью исследований было разработать способ производства горьких настоек, который бы обеспечил максимальное извлечение биологически активных веществ, короткие сроки производства и уменьшил расходы спирта и затраты на переработку шрота. Новая горькая настойка должна быть не только высокого качества, но и проявлять общеукрепляющий эффект на организм человека за счет фенольных соединений, обладающих Р-витаминной активностью, участвующих в процессах формирования красных клеток крови — эритроцитов, которые укрепляют стенки сосудов, являются мощными антиоксидантами, т.е. эффективно противодействуют разрушению аскорбиновой кислоты, а также клеток организма свободными радикалами [2].

**Материалы и методы.** Определение водопоглощающей способности порошков растительного сырья путем измерения количества воды, поглощенной сырьем, за определенный промежуток времени [3].

Определение содержания витамина С методом Тильманса путем титрования раствора 2,6-дихлорфенолинодофенолята натрия [4].

Определение содержания фенольных соединений фотоэлектроколориметрическим методом с последующим определением содержания фенольных соединений с помощью калибровочного графика по галловой кислоте [5].

Органолептические показатели, содержание сухих веществ, этилового спирта, титрованной кислотности определяли согласно ДСТУ 4164:2003 [6].

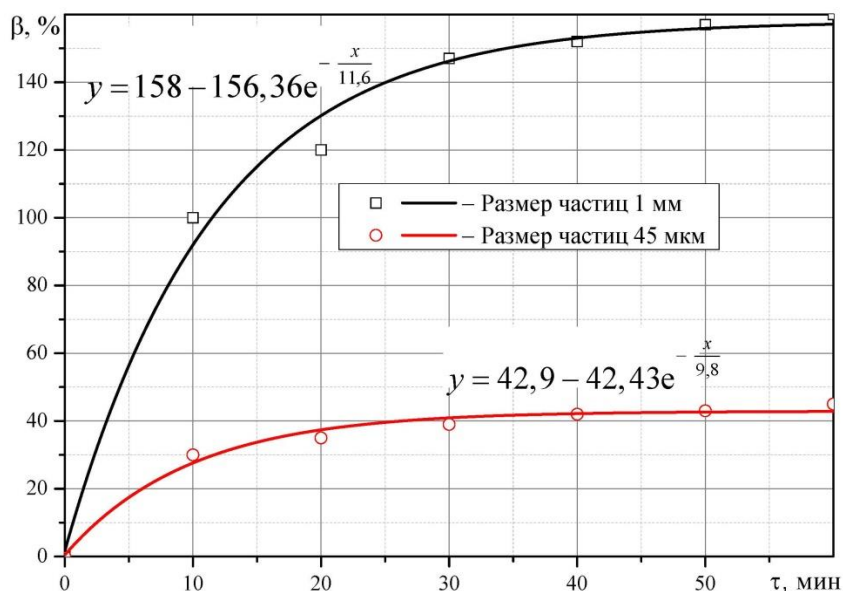


**Результаты и их обсуждение.** В основе нового способа производства горькой настойки лежит процесс экстрагирования пряно-ароматического сырья водой с последующим концентрированием полученных экстрактов. Для получения качественного напитка нужно подобрать такие параметры экстрагирования, которые бы обеспечили максимальное извлечение биологически активных веществ.

Процесс извлечения экстрактивных веществ из

растительного сырья сопровождается процессом ее замачивания и набухания. С целью решения указанных задач был проведен ряд исследований по определению кинетики поглощения экстрагента в зависимости от его вида и размеров частиц сырья.

На рис.1 изображен график зависимости водопоглащающей способности сырья от продолжительности процесса экстрагирования водой с размерами частиц сырья 45 мкм и 1 мм.



**Рис. 1.** Зависимость водопоглащающей способности порошка кардамона от продолжительности процесса экстрагирования

Исходя из рис.1, при размере частиц сырья 1 мм процесс набухания тормозит процесс экстрагирования в течение 50 мин, далее более интенсивно протекает процесс экстрагирования. Если размер частиц сырья составляет 45 мкм, тогда продолжительность процесса набухания сокращается до 20 мин. Общее время экстрагирования при этом будет составлять 80 минут. Последующая продолжительность процесса способствует загрязнению экстракта сопутствующими соединениями, скорость диффузии которых значительно меньше, чем других биологически активных веществ.

Литературные источники свидетельствуют о том, что при повышении температуры процесс экстрагирования ускоряется [3]. Но, нужно отметить, что при производстве горьких настоек используется сырье, содержащее витамин С, который разрушается под

воздействием температуры. Поэтому нецелесообразно поддерживать высокую температуру, а ограничиться 40 °С, что интенсифицирует процесс экстрагирования и сохранит все полезные вещества.

Также процесс экстрагирования проводили при постоянном перемешивании, что способствует образованию конвективных потоков и увеличению поверхности контакта фаз экстрагента—сырье.

Одним из многих факторов, влияющих на процесс экстрагирования, является гидромодуль (ГМ) [3]. В ходе исследования выбрано гидромодули 10, 15 и 20. Подбор проводили с учетом удовлетворенности в витамине С для обогащенных продуктов [8]. Данные, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о том, что за удовлетворенностью в витамине С оптимальным гидромодулем является гидромодуль 10.

**Таблица 2.** Содержание витамина С и фенольных веществ в экстрактах

Компоненты рецептуры	Соотношение компонентов рецептуры при ГМ 20				Соотношение компонентов рецептуры при ГМ 15				Соотношение компонентов рецептуры при ГМ 10			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Экстракт кардамона	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Экстракт имбиря	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Экстракт перца красного горького	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4
Смесь водных экстрактов, мг/100мл	12,3	10,9	9,6	13,6	11,2	10,5	9,8	12,0	17,2	16,9	16,2	18,4
Горькая настойка, мг/100 мл	5,3	4,7	4,1	5,8	4,8	4,5	4,2	5,1	7,4	7,2	6,9	7,9
Удовлетворенность в витамине С горькой настойки, %	5,6	5,0	4,4	6,2	5,1	4,8	4,5	5,5	7,9	7,7	7,4	8,4

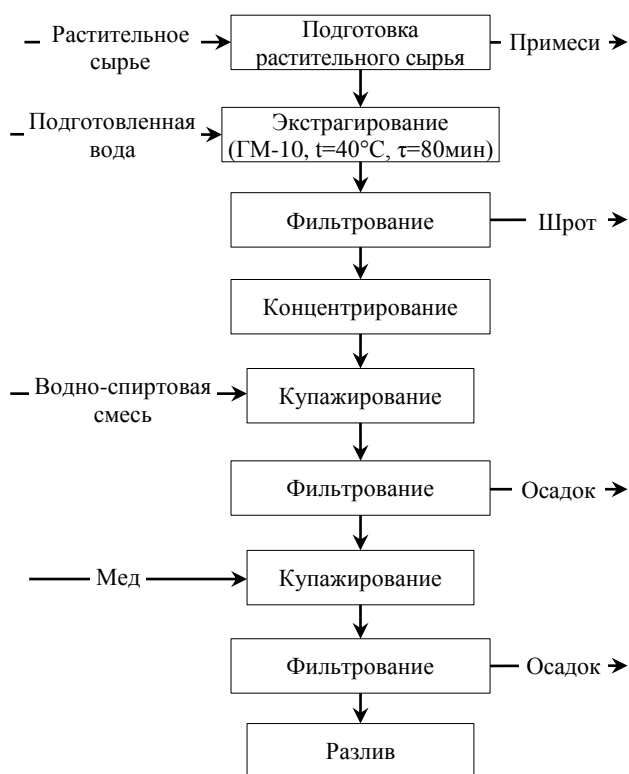
Учитывая, что в способе получения горькой настойки присутствует процесс концентрирования водных экстрактов, будет целесообразным сравнить физико-

химический состав водных экстрактов и концентратов из них, данные приведены в таблице 3.

**Таблица 3.** Физико-химический состав водных экстрактов и концентратов из растительного сырья

П/п	Название сырья	Содержание витамина С, мг/100мл		Концентрация фенольных соединений, мг/100мл		Содержание сухих веществ, %	
		I	II	I	II	I	II
1	Кардамон	12,76	24,16	89,40	156,42	1	2,5
2	Имбирь	25,65	32,12	301,87	508,63	3,3	4,5
3	Перец горький	16,72	21,82	662,64	823,77	3,5	8,5

**Примечание.** I — экстракты; II — концентрированные экстракты



**Рис. 2.** Принципиальная технологическая схема изготовления горькой настойки

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что стадия концентрирования экстрактов позволяет увеличить содержание биологически активных веществ, и этим повысить биологическую ценность напитка.

Следующим этапом работы было описание нового способа производства горькой настойки, который заключается в следующем. Сначала порошки перца горького, имбиря и кардамона освобождают от различных примесей и по отдельности экстрагируют водой при постоянном перемешивании, ГМ 10 в течение 80 мин и температуре 40°C с последующим фильтрованием и концентрированием до заданного содержания сухих веществ. Следующим технологическим этапом является купаживание экстрактов со спиртом до крепости 40 % об. Экстракты кардамона и имбиря готовятся аналогично. Конечным этапом производства является купаживание экстрактов и раствора меда. Готовая горькая настойка фильтруется и разливается в бутылки. Принципиальная технологическая схема производства горькой настойки представлена на рис. 2.

Купажирования компонентов горькой настойки осуществляли по разработанной рецептуре [7]. Разработку рецептуры горькой настойки проводили с учетом содержания витамина С в готовом напитке и гармоничных органолептических показателей, что приведено в таблице 4.

**Таблица 4.** Рецептура горькой настойки

Компоненты рецептуры	Соотношение компонентов рецептуры, мл/100 мл			
	№1	№2	№3	№4
Концентрированный экстракт кардамона	33	50	67	17
Концентрированный экстракт имбиря	17	17	17	17
Концентрированный экстракт перца горького	50	33	17	67
Содержание витамина С в смеси водных концентрированных экстрактов, мг/100мл	26,62	26,25	25,89	26,99
Содержание витамина С в горькой настойке, мг/100мл	11,41	11,25	11,10	11,57
Удовлетворенность в витамине С, %	12,17	12,0	11,83	12,34
Органолептические показатели горькой настойки	Внешний вид – мутный Вкус – горьковато-жгучий Аромат – пряный			Внешний вид – мутный Вкус – очень жгучий Травяной запах

Исходя из данных таблицы 4 лучшим соотношением компонентов является №1, так как этот образец имеет гармоничные органолептические показатели и высокий уровень удовлетворенности в витамине С. Также сравнив удовлетворенность в витамине С горькой настойки из экстрактов (7,86%) и горькой настойки из концентрированных экстрактов (12,17%), можно сделать вывод, что стадия концентрирования необходима

при производстве горьких настоек (удовлетворенность в витамине С, согласно нормам, должна составлять более 10%) [8].

Заключительным этапом является установление соответствия качества полученной горькой настойки требованиям нормативной документации, что представлено в таблице 5.

**Таблица 5.** Соответствие качества горькой настойки требованиям нормативной документации

Название показателя	Фактическое значение	Требования ДСТУ 4257:2003
Объемная часть этилового спирта, %	40	40
Содержание сухих веществ, г/100 см <sup>3</sup>	4,5	0-20
Массовая концентрация титрованных кислот в перерасчете на лимонную, г/100 см <sup>3</sup>	0,00026	0-1
Содержание витамина С, мг/100мл, не меньше	15,4	Не нормируется
Концентрация фенольных соединений, мг/дм <sup>3</sup>	222,0	Не нормируется
Органолептические показатели		
Внешний вид	мутный	мутный
Вкус	горьковато-жгучий	горьковато-жгучий
Аромат	пряный	– пряный

Данные таблицы 5 показывают, что по всем показателям горькая настойка соответствует требованиям ДСТУ 4257: 2003 [9].

**Выводы.** Предложенная технология открывает перспективы к уменьшению расходов спирта, затрат на переработку шрота и сокращению времени на произ-

водство настойки, что является экономически выгодным. Существенным преимуществом является также значительное извлечение витамина С и фенольных соединений. Этим горькая настойка приобретает высокую биологическую ценность и осуществляет положительное воздействие на организм человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бачурин Л.Я. Технология ликероводочных производств / Л.Я. Бачурин, В.А. Смирнов. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 327с.
2. Домарецький В.А. Біологічні та фізико-хімічні основи харчових технологій / В.А. Домарецький, А.М. Куц, В.А. Шевченко, В.А. Піддубний, Р.М. Леус, І.В. Мельник. – К.: Фе-нікс, 2011. – 696с.
3. Попова Н.В. Дослідження процесу екстрагування водорозчинних речовин із чайної сировини / Н.В. Попова, В.Л. Зав'ялов, В.С. Бодров // ІХ міжнародна конференція : матеріали конференції. - К.: НУХТ, 2005. – С. 123-127.
4. ДСТУ 4257:2003. Напої лікєро-горіччані. Загальні технічні умови. – К.: Держспоживстандарт, 2004. –18с.
5. Гержикова В.Г. Методи технохімічного контролю в виноделії / В.Г. Гержикова –Симферополь: Таврида, 2002. – 260 с.
6. ДСТУ 4164:2003. Напої лікєро-горіччані. Правила приймання та методи випробування. – К.: Держспоживстандарт, 2004. – 16с.
7. Патент UA № 99233. Композиція інгредієнтів гіркої настоек / Попова Н.В., Рыбачок А.В. Оpub. 25.05.2015.
8. Наказ Міністерства Охорони Здоров'я України № 272 від 18.11.99 «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії». Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 грудня 1999 р. за № 834/4127.
9. ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – М.: ИМПК Издательство стандартов, 1990. – 10 с.

#### REFERENCES

1. Bachurin, L.Y. Technology of alcoholic beverages production / L.Y. Bachurin, V.A. Smirnov. – M.: Food Industry, 1975. – 327 p.
2. Domaretsky, V.A. Biological and physical-chemical bases of food technology / V.A. Domaretsky, A.M. Kutz, V.A. Shevchenko, V.A. Piddubny, R.M. Leus, I.V. Melnyk. – K.: Feniks, 2011. – 696 p.
3. Popova, N.V. Investigation of water-soluble substances extracted from tea materials / N.V. Popova, V.L. Zav'yalov, V.S. Bodrov // IX International Conference: conference materials. – K.: NUFT, 2005 – P.123-127.
4. DSSU 4257:2003. Beverages liquor. General specifications. – K.: DSSU, 2004. –18p.
5. Gerzhikova, V.G. Technochemical control methods in winemaking / V.G. Gerzhikova – Simferopol: Tavrida, 2002. – 260 p.
6. DSSU 4164:2003. Beverages liquor. Acceptance rules and test methods. – K.: DSSU, 2004. – 16p.
7. Patent UA № 99233. The composition ingredients bitters / N.V. Popova, A.V. Rybachok. Publ. 05/25/2015.
8. Order of the Ministry of Health of Ukraine from 11.18.99 № 272 "On Approval of Normal physiological needs of the population of Ukraine in the nutrients and energy." Registered with the Ministry of Justice of Ukraine December 2, 1999 under № 834/4127.
9. GOST 24556-89 Products of fruits and vegetables. Methods for determination of vitamin C. – M.: IMPK Publishing Standards, 1990. – 10p.

#### New technology of liqueurs beverage

**V.L. Zaviyalov, V.S. Bodrov, N.V. Popova, T.G. Misyura, J.V. Zaporozhec, A.V. Rybachok, J.J. Pryshchepa, N.V. Lapina, G.V. Liashko**

**Abstract.** We have investigated the dependence of the yield of biologically active substances from aromatic raw materials on the conditions of the extraction process. To find the optimal parameters of the extraction process in the production of bitters. It suggests a new technology to produce bitters based on aqueous concentrated extracts of aromatic raw materials that will reduce the cost of alcohol and meal processing costs, shorten production time infusions, which is cost-effective. A significant advantage is also the recovery of vitamin C and phenolic compounds thereby bitters acquire high biological value and has a positive effect on the human body.

**Keywords:** extraction, concentration, aqueous extracts of cardamom, ginger and pepper poignant, vitamin C, phenolic compounds, bitters

## Технология модифицирования аграрной аммиачной селитры в производстве энергоконденсированных систем

И.Л. Коваленко<sup>1\*</sup>, Д.В. Кнященко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Украинский государственный химико-технологический университет,

<sup>2</sup> ООО «Укрвзрывтехнология»

\*Corresponding author. E-mail: il-kovalenko@mail.ru

Paper received 02.12.15; Revised 07.12.15; Accepted for publication 12.12.15.

**Аннотация.** Приведен способ модифицирования аграрной аммиачной селитры за счет обработки растворами натрия ортофосфата с последующей сушкой. Показана необходимость сушки селитры при разряжении. Модифицированные гранулы обеспечивают поглощение до 7,5 % жидкого топлива при сохранении исходной прочности гранул. Показано, что прочностные характеристики обеспечиваются за счет создания в гранулах жесткого каркаса из малорастворимых соединений. Разработана технология модифицирования аммиачной селитры и получения высокостабильных гранулированных взрывчатых веществ для применения в подземных горных разработках.

**Ключевые слова:** аммиачная селитра, модифицирование, натрий ортофосфат

**Введение.** Безопасной альтернативой тротильным взрывчатым веществам (ВВ), которые используются в горной промышленности, являются эмульсионные и смесевые энергоконденсированные системы (ЭКС) на основе аммиачной селитры.

Опыт использования таких систем на подземных работах США и Канады показывает, что применение смесевых ВВ типа аммиачная селитра – жидкий нефтепродукт (АС-ДТ, Игданит, АНФО) экономически оправдано и позволяет снизить стоимость взрывных работ на 40–50% [1].

Основными недостатками АНФО, которые сдерживают их применение на подземных горных разработках Украины, является низкая физическая стабильность во времени, недостаточные детонационные параметры, наличие в системе нефтепродуктов.

На основании обобщенного опыта применения различных гранулированных ВВ в шахтах не опасных по газу и пыли, могут быть сформулированы основные требования к АНФО: 1) физическая стабильность в течение не менее 7 дней; 2) сохранение сбалансированности окислитель-горючее в каждой части заряда (в идеале – в каждой грануле); 3) прочность гранул селитры должна выдерживать пневматическую транспортировку и зарядание; 4) отсутствие в составе нефтепродуктов; 4) детонационные параметры должны обеспечивать эффективное применение в шпурах и скважинах малого диаметра (32–80 мм).

**Краткий обзор публикаций по теме.** Существующие пути повышения физической стабильности АНФО предполагают использование пористой аммиачной селитры либо повышение впитывающей способности аграрной аммиачной селитры за счет предварительной обработки или термического воздействия.

Использование пористой или термообработанной аммиачной селитры (АС) позволяет решить проблему миграции топливной фазы с поверхности гранул аммиачной селитры. Однако, даже при использовании мелкогранулированной ( $d_{\text{гранулы}} = 0,5–1,2$  мм) пористой аммиачной селитры не удается снизить критический диаметр детонации открытого заряда меньше 63 мм [2], что не обеспечивает надежную детонацию шпуровых зарядов АНФО, особенно в условиях их увлажнения.

При этом, массовое производство отечественной низкоплотной селитры в Украине отсутствует, а большинство марок пористой АС, производимых в

других странах, при высоких показателях впитывающей способности имеют недостаточную статическую прочность (3,0–5,0 Н/гранулу). Использование такой селитры приводит к переизмельчению гранул в процессе зарядания. В отличие от пористой, рядовая аммиачная селитра аграрного назначения имеет достаточную прочность (не менее 0,8–1,0 Н/гранулу), однако характеризуется низкой удерживающей способностью по отношению к жидкому топливу (не более 2,5–3,0% масс.). При этом в случае заводской обработки гранул селитры антислеживающими добавками впитывающая способность АС по отношению к топливу снижается еще в несколько раз.

Известны способы повышения удерживающей способности аграрной АС по отношению к жидкому топливу за счет термической обработки. В результате модификационных переходов аммоний нитрата в структуре гранул происходят изменения, которые обеспечивают увеличение удельного объема гранул [3,4]. В дальнейшем, согласно технологии описанной в [4] «поризованные» гранулы АС пропитывают дизельным топливом под избыточным давлением до 0,5 МПа с получением смесевой системы «Игданит высокого давления – ИВД-5».

Действительно, гранулы АС представляют собой капиллярно-пористое тело, покрытое твердой оболочкой из самых легких кристаллов [5] при общей пористости от 6,0 до 8,2% масс. При этом наблюдается бимодальный характер распределения пор: макропоры с максимумом 104 нм и переходные поры с максимумом 10–100 нм [5].

Следует отметить, что впитывающая способность АС по отношению к жидкому топливу реализуется только за счет макропор и удержания поверхностью гранул. Проникновение топлива в поры радиусом 10–100 нм затруднено за счет капиллярного эффекта.

Согласно уравнению Лапласа избыточное давление в капилляре радиусом  $r=10$  нм, заполненным водой (поверхностное натяжение  $\sigma = 72,8 \cdot 10^{-3}$  Н/м), которая полностью смачивает селитру (краевой угол смачивания  $\theta$  равен нулю), составляет: 
$$\Delta P = \frac{2\sigma \cdot \cos \theta}{r} = \frac{2 \cdot 72,8 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-9}} = 14,56 \text{ МПа} .$$

Соответственно, для капилляров с радиусом 100 нм избыточное давление будет составлять 1,456 МПа, то есть втрое выше, чем предложено в технологии получения ИВД-5 [4].

**Цель.** Разработка способа модифицирования аграрной аммиачной селитры, с целью увеличения впитывающей способности при сохранении прочности гранул, и разработка на его основе технологии получения высокостабильных энергоконденсированных систем.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на аграрной аммиачной селитре марки Б с магниезальной и доломитной добавками производства ЧАО «Северодонецкое объединение АЗОТ», ПАО «Ривне-Азот», ПАО «Азот» г. Черкассы (Украина, ДСТУ 7370:2013), а также ТОО «КазАзот» (Казахстан), АО «Махам-чирчиқ» и АО «Farg'onaazot» (Узбекистан), ОАО «Минудобрения» (Россошь, РФ, ГОСТ 2-2013), AZ «Pulawy» (Польша). Впитывающую способность селитры по жидкому топливу определяли гравиметрически [6], влагу – методом сушки (105 °С). Статическую прочность гранул определяли по ГОСТ 21560.2-82. Изменение структуры поверхности модифицированных гранул селитры оценивали методом растровой электронной микроскопии. Для получения качественного изображения и формирования устойчивых условий съемки поверхность гранул была покрыта тонким слоем (50 – 100 Å) золота, полученным в условиях ионного напыления.

Для оценки ударной нагрузки при пневмозарядании применяли динамические испытания гранул селитры и энергоконденсированных систем на ее основе. Метод испытаний основан на многократном падении пробы аммиачной селитры с высоты 1 м, и заключается в следующем. На сите с ячейкой 1 мм отсеивают мелкую фракцию и пыль аммиачной селитры. Образец аммиачной селитры с диаметром частиц более 1 мм массой 130–150 г количественно переносят в трубу диаметром 50 мм длиной 1000 мм, материал трубы – токопроводящий полимер либо нержавеющая сталь. Труба закреплена в станине таким образом, чтобы обеспечить вращение по оси перпендикулярно образующей. После загрузки пробы трубу закрывают заглушкой и вращают 12 минут со скоростью 30 об/мин. Вращение реализуют неравномерно таким образом, чтобы осуществлялось падение гранул селитры с высоты 1 м. После окончания испытаний определяют долю измельченных гранул отсевом на сите 1 мм.

**Результаты и их обсуждение.** Как показали результаты испытаний, однократный прогрев АС до 65–70 °С незначительно увеличивает впитывающую способность по жидкому топливу (с 2% до 3–3,5%), при существенном снижении статической прочности (с 9 Н/гранулу до 3,9–3,2 Н/гранулу). Предварительная обработка гранул селитры 0,5–1,0 % масс. воды с последующей сушкой приводит к практически полной потере прочностных характеристик. Динамические испытания не выдерживают более 75% гранул.

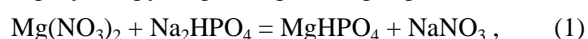
Модифицирование аграрной аммиачной селитры, должно предусматривать предварительную обработку, которая обеспечит не только раскрытие твердой оболочки гранул, но и создание жесткого каркаса [7], при котором каждая группа кристаллов в грануле АС помещена в ячейку из нерастворимых или менее растворимых в воде, чем аммиачная селитра веществ.

Реализация метода жесткого каркаса возможна за счет предварительной обработки селитры растворами солей, которые в процессе дальнейшей термообработ-

ки образуют в грануле более жесткие армирующие структуры. Метод должен предполагать также максимально возможное удаление влаги в диапазоне до 65 – 75 °С без образования сквозных пор, которые снижают статическую прочность гранул селитры.

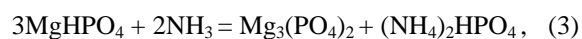
Большая часть аграрной аммиачной селитры, выпускаемой азотной промышленностью кондиционируется магниезальной или доломитной добавкой, т.е. содержит в своем составе нитраты кальция и магния. В результате экспериментальных исследований был разработан метод модифицирования аграрной АС, основанный на взаимодействии растворов натрий ортофосфата с кондиционирующей добавкой селитры.

Растворы натрий ортофосфата имеют щелочную среду за счет гидролиза ортофосфат-иона. При этом в растворе находятся преимущественно ионы  $\text{HPO}_4^{2-}$ , которые, взаимодействуя с нитратами кальция и магния образуют труднорастворимые фосфаты:



В дальнейшем, образовавшиеся по реакциям (1) и (2) фосфаты под действием аммиака, который появляется в системе в результате реакции нитрата аммония с щелочным раствором, способны образовывать еще менее растворимые двойные соли  $\text{CaNH}_4\text{PO}_4$  и  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  (ПР=10<sup>-13</sup>).

Также при нагревании могут происходить реакции:



Порядок значений для ПР ортофосфатов магния и кальция составляет 10<sup>-29</sup>.

Таким образом, предварительная обработка растворами натрий ортофосфата обеспечивает образованию в гранулах селитры жесткого каркаса представленного труднорастворимыми ортофосфатами магния или кальция.

Следующей задачей, которая стояла перед исследователями было максимально возможное удаление влаги из гранул селитры после обработки ее 0,5% масс. растворами солей.

Как показали эксперименты, сушка селитры при атмосферном давлении, как в статическом режиме, так и в гравитационном аппарате не обеспечивает удаления даже влаги, внесенной в систему во время обработки растворами солей.

Действительно, при сушке материала в области влажности гранул 0,3–1,0 % масс. речь идет об удалении капиллярно связанной влаги. Кроме того, по причине достаточной растворимости нитрата аммония капилляры в грануле заполнены не водой, а насыщенным раствором соли, давление насыщенных паров над которым существенно ниже, чем над водой.

Исходя из этого, были проведены эксперименты по сушке предварительно обработанных гранул аммиачной селитры при температурах 65–75 °С в условиях разрежения (остаточное давление 10 кПа). В табл. 1 показана эффективность удаления влаги гранул аммиачной селитры, предварительно обработанных 0,5 % водного раствора натрий ортофосфата, при атмосферном давлении и разрежении (остаточное давление 10 кПа).

Таблица 1. Влажность гранул при различных условиях сушки (65–75°C)

Исходная влажность гранул АС, %	Влажность АС после обработки 0,5% раствора Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , %	Влажность гранул АС после сушки, %	
		при атмосферном давлении	при P=10кПа
0,35	0,80	0,53	0,34
0,42	0,87	0,64	0,37
0,48	0,93	0,71	0,40
0,38	0,83	0,57	0,34
0,44	0,89	0,63	0,39
0,31	0,76	0,48	0,31

Как видно из табл. 1 сушка под разряжением обеспечивает полное удаление дополнительно внесенной влаги и частичное снижение исходной влажности АС. Однако более полного удаления влаги, определяемой по методу сушки (105°C) при выбранном режиме сушки достичь не удается.

Предложенный способ модифицирования позволяет полностью сохранить механико-прочностные характеристики гранул, а для некоторых образцов было достигнуто повышение динамической прочности гранул в 1,3–1,7 раза. Модифицированные гранулы АС обладают высокоразвитой поверхностью, которая позволяет удерживать более 7,5% масс. жидкого топлива. На рис. 1 представлены электронные фотографии гранул АС марки Б после «модифицирования».

Использование растворов натрия ортофосфата, которые обладают поверхностной активностью позволяет осуществлять модифицирование даже гранул, обработанных антислеживателями.

Следует отметить, что прочность гранул АС после модификации нарастает во времени и максимального значения достигает через 1–3 суток после обработки. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в конечном продукте 1,5–1,9% масс. Концентрация и количество раствора натрия ортофосфата при обработке зависит от прочности исходной АС.

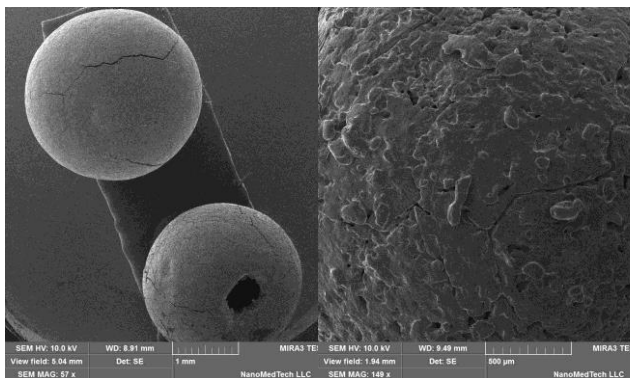


Рис. 1. Гранулы аммиачной селитры марки Б после модифицирования

При выборе оборудования для реализации разработанного способа модификации исходили из требований минимального травматического воздействия на гранулы АС во время сушки.

По результатам исследований были выданы исходные требования на проектирование цилиндрического вращающегося аппарата сушки аммиачной селитры под разряжением периодического действия. Данный

аппарат объемом 0,5 м<sup>3</sup> был спроектирован с учетом требований безопасности при производстве промышленных взрывчатых веществ и изготовлен фирмой ООО «ВиВа Ltd» (Украина). Нагрев селитры происходит через стенку аппарата, теплоноситель вода.

Исходя из того, что более 80 % затрат тепла, необходимого для осуществления процесса, приходится на преодоление теплового эффекта полиморфного перехода IV-III ( $\Delta H = 1,7$  кДж/моль) и прогрев материала гранул, технология сушки предполагает две стадии. На первой происходит нагрев предварительно обработанной растворами солей гранулированной АС до температуры 50 °С без разряжения, на второй – происходит непосредственно сушка под разряжением. Реализация двухстадийного процесса позволяет сократить время пребывания АС в аппарате, по сравнению с работой аппарата только при разряжении.

Разработанный способ модифицирования аграрной аммиачной селитры лег в основу технологии получения бестротилового энергоконденсированного систем заводского изготовления Украинит-АНФО (Пат. UA №79813, UAN №8595).

Технология предполагает смешение горячей модифицированной аммиачной селитры непосредственно после аппарата сушки с топливным компонентом ОК (ТУУ 20.5-19436711-007:2012), состав которого разработан по результатам комплекса термических исследований аммиачно-селитренных ЭКС [8]. Топливный компонент ОК имеет температуру вспышки не менее 120 °С, и представляет собой смесь метиловых эфиров жирных кислот растительных масел, растительных масел и сиккативов (катализаторов окисления). Смешение с топливным компонентом ведут в гравитационном смесителе при охлаждении.

Украинит-АНФО представляет собой сыпучий, физически стабильный продукт (гарантийный срок 3 мес.), который обладает высокими взрывчатыми характеристиками (скорость детонации 3400–4100 м/с), эффективно работает в малых диаметрах (критический диаметр детонации открытого заряда 35–40 мм) и образует минимальное количество токсичных газов взрыва. Объем производства и применения Украинит-АНФО в шахтах Украины на сегодняшний день составляет 150–300 тонн/месяц.

**Выводы.** Предложенный метод модифицирования аграрной аммиачной селитры позволяет повысить впитывающую способность гранул по жидкому топливу до 7,5% масс. при сохранении механико-прочностных характеристик, и обеспечивает получение высокостабильных бестротилового систем для применения в подземных горных разработках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барон Л.В., Кантор В.Х. Техника и технология взрывных работ в США. – М.: Недра, 1986. – 376 с.
2. Пат. US 6761781 B1. МПК C06B31/28.High Density ANFO/Lawrence D.L. etc. – № 09/472800; заявл. 28.12.1999; опубл.13.07.2004
3. Кантор В.Х. Новая техника и технология изготовления промышленных взрывчатых веществ с термообработкой гранулированной аммиачной селитры // Взрывное дело. – 2007. – №98/55. – С. 181-191
4. Совершенствование простейших взрывчатых смесей на основе аммиачной селитры и нефтепродуктов / Э.И. Ефремов, Б.И. Рымарчук, В.Я. Шварцер // Вісник КДПУ. – 2006. – вип.2 (37), Част. 2. – С. 81-84.
5. Производство аммиачной селитры в агрегатах большой мощности / М.Е. Иванов, В.М. Олевский, Н.Н. Поляков и др. – М.: Химия, 1990. – 288 с.
6. Ковтун Ю.В. АНФО и Игданиты – без знака равенства // Взрывное дело. – 2012. – №107/64. – С. 168-180.
7. Курин Н.П. Теория процесса слеживания гранулированной аммиачной селитры и возможные пути борьбы со слеживаемостью // Изв. Томского политехн. ун-та. – 1952. – Т.71. – С. 25-51.
8. Коваленко И.Л., Куприн В.П. Физико-химический подход к разработке простейших взрывчатых веществ для подземных работ //Высокоэнергетические системы, процессы и их модели [Сб научн. тр.]. – Днепропетровск: АкцентПП, ], 2013. – С.189-198.

#### REFERENCES

1. Baron, L.V., Kantor, V.Kh. Technique and technology of explosive works in the USA. Moscow: Nedra, 1986.
2. Lawrence, D.L. and other. High Density ANFO, 2004. Pat 6761781 US.
3. Kantor, V.Kh. New equipment and technology of manufacturing industrial explosives with thermal treatment of granulated ammonium nitrate // Vzryvnoe delo, 2007. Vol. 98(56), P. 181-191.
4. Efremov, E.I., Rymarchuk, B.I and other. Improvement elementary explosive mixtures based on ammonium nitrate and oil products // Visnuk KDPU, 2006. Vol. 2 (37), Is. 2. , P. 81-84.
5. Svanov, M.E, Olevsky V.M. and other. Production of ammonium nitrate in large capacity's aggregates. Moscow: Khimiya, 1990.
6. Kovtun, Yu.V. ANFO Ковтун Ю.В. ANFO and Igdanite – without an equal sign // Vzryvnoe delo, 2012. Vol. 107(64), P. 168-180.
7. Kurin, N.P. Курин Н.П. The theory packing granulated ammonium nitrate and possible ways to prevent packing // Izvestiya Tomskogo universiteta, 1952, Is. 71, P. 25-51.
8. Kovalenko, I.L., Kuprin, V.P. Physicochemical approach to developing of the simplest explosives for underground mining // High-energy systems, processes and models. Dnepropetrovsk: AktsentPP, 2013, P. 189-198.

#### Technology of agricultural ammonium nitrate modification in the production of energy condensed systems

**I.L. Kovalenko, D.V. Kiyaschenko**

**Abstract.** The method of agricultural ammonium nitrate modification by treatment with sodium orthophosphate, followed by drying, is given. The necessity of nitrate drying with suction is shown. Modified granules absorb up to 7.5% of the liquid fuel while maintaining the initial strength of the granules. It was shown that the strength characteristics are provided by creating a hard skeleton in granules of slightly soluble compounds. The technology of ammonium nitrate modification and obtaining of highly stable granular explosives for use in underground mining was developed.

**Keywords:** ammonium nitrate, modification, sodium orthophosphate



## Дослідження колориметричних параметрів відбитків за стандартом ISO 12647-2:2013

Б.М. Ковальський<sup>1\*</sup>, Н.В. Занько<sup>1</sup>, Н.С. Писанчин<sup>1</sup>, М.В. Шовгенюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Українська академія друкарства, Львів, Україна

<sup>2</sup> Інститут фізики конденсованих систем НАН України

\*Corresponding author. E-mail: bkovalsky@ukr.net

Paper received 07.12.15; Revised 12.12.15; Accepted for publication 20.11.15.

**Анотація.** На основі колориметричних характеристик багатофарбових відбитків, визначено ступінь нелінійності відтворення фарб за умов стандартизованого процесу офсетного друку, відносно колірному простору Adobe RGB (1988). Розраховано числові значення показника приросту тону (TVI) на відбитках шкал тріадних фарб, одержаних за нормами ISO 12647-2:2013. Представлена порівняльна характеристика відсотку розтискування растрових елементів на різних типах паперу за нормами регламентованими попередньою і новою редакціями стандарту.

**Ключові слова:** ISO 12647-2:2013, нова класифікація паперу, цифрова обробка зображень, колірний профіль, параметр ступеня флуоресценції, точка білого, спектральні характеристики, показник нелінійності, кольоровідтворення, тоновий приріст

Всесвітня організація ISO представляє пакет нормативних документів, що регламентують вимоги до якості та комплексно описують той рівень техніки й технологій, який є досягнутий на момент їх створення. Стандарти для багатофарбового друку служать мовою спілкування між друкарнею, замовником продукції і дизайнером. У всьому цивілізованому світі учасники процесу створення поліграфічної продукції намагаються виконувати рекомендації міжнародного галузевого стандарту ISO 12647. Успішне запровадження стандартів друку у виробництво стає запорукою прогнозованого кольоровідтворення, підвищення якості, стабільності і продуктивності.

Друга частина стандарту ISO 12647-2 визначає загальну кількість і значення параметрів технологічного процесу чотирифарбового друку офсетним способом. В грудні 2013 року з'явилась нова редакція ISO 12647-2. Ця версія суттєво відрізняється від попередньої, другої, що вийшла ще у 2004 році. Типографіям, що намагаються слідувати стандарту, доведеться докласти чимало зусиль, щоб відповідати новим правилам.

Метою даної роботи є дослідити характеристики багатофарбових відбитків, визначених на основі колориметричних вимірювань в міжнародній системі кольору CIE та дати порівняльну характеристику кольоровідтворення на різних типах стандартизованого паперу

**Теорія.** При описі кольору стандарт ISO 12647-2:2013 опирається виключно на колориметричні вимірювання CIE LAB. В стандарті чітко вказано, що значення оптичної щільності не визначає колір. Тому щільність рекомендується тільки для визначення значення тону. Спочатку під час друку досягається правильний колір, і лише потім з ОК-листа зчитуються щільності, і використовуються для контролю процесу. І, тим паче, не можна використовувати значення оптичної щільності, для заміни колориметрії при роботі з кольоропробою.

Всі спектральні вимірювання, на підставі яких обчислюють координати CIE L\*a\*b\* для різних типів паперу і фарб, в новій редакції стандарту були виконані з фільтром M1 (D50). Раніше міжнародний стандарт офсетного друку завжди використовував вимірювання з фільтром M0 (no filter). Тепер мова йде про специфічний фільтр M1 (D50). Сकेल्це з певними спектральними характеристиками механічно включається в оптичний тракт спектрофотометра або цей фільтр може бути реалізований в приладі з двох роздільних джерел світла для видимої і ультрафіолетової області. Крім того, тепер регламентовано можливість вимірювання кольо-

ру як на білій, так і на чорній підложці.

Новим стандартом прописані координати кольору CIE L\*a\*b\* для чистих основних кольорів тріадних фарб, їх бінарного та потрійного накладання фарб для усіх стандартизованих типів паперу. І тут варто відзначити ще одну колосальну відмінність нової редакції 2013. Якщо раніше поділ паперу був на п'ять типів, то тепер їх прописано вісім. І всі вони мають в описі параметр ступеня флуоресценції. Таких ступенів за ISO чотири: слабка, низька, помірна і висока, чого раніше в стандарті не було. Щоб поміряти і точно розрахувати рівень флуоресценції від відбілювання паперу недостатньо звичайного спектрофотометра, потрібен, згідно ISO, лабораторний рефлектометр зі сферичним дифузним розсіювачем. На основі його замірів обчислюється ступінь флуоресценції – delta D65 Brightness між вимірами з фільтром M0 і M2 [1].

Так звані, стандартні профілі, розроблені організацією ECI є доступні до використання у багатьох програмах підготовки цифрових багатоколірних зображень до друку. При здійсненні процесу кольороподілу зображення їх обирають саме за типом паперу, що буде використовуватись при друці конкретного тиражу. Вони створені на підставі міжнародного стандарту ISO 12647-2:2004 за характеристичними даними інституту FOGRA.

Очевидно, з появою нового стандарту FOGRA і ECI побудують найближчим часом нові колірні профілі, що будуть суттєво відрізнятись, від тепер уже застарілих:

FOGRA39 – ISO Coated v2 – Paper type 1,2;

FOGRA45 – PSO LWC Improved – Paper type 3;

FOGRA46 – PSO LWC Standart – Paper type 3;

FOGRA47 – PSO uncoated ISO 12647 – Paper type 4;

FOGRA30 – PSO uncoated Yellowish – Paper type 5;

30 вересня 2015 року FOGRA, ECI і bvdм офіційно представили ICC-профілі за новим ISO 12647-2:2013, але поки лише для крейдованого і офсетного паперу:

FOGRA51 – PSO Coated v3 – Printing Condition 1, Premium coated paper;

FOGRA52 – PSO Uncoated v3 (FOGRA52) – Printing Condition 5, Wood-free uncoated white paper [2].

**Матеріали і методи.** В стандарт введено поняття – characterization data. Це множина значень тону і, пов'язаних з ними колориметричних значень, котрі повністю описують даний процес друку.

На офіційному сайті FOGRA стали доступні характеристичні дані для умов друку FOGRA51 і FOGRA52, що містять значення експериментально заміряних колірних координат L\*,a\*,b\* для кожної комбінації зна-

чень відносних площ  $S$  растрових елементів для тріадних фарб (включно зі всіма можливими варіантами їх подвійного та потрійного накладання в офсетному друці), для плашок тріадних кольорів та паперу [3].

Нові характеристичні дані FOGRA51 прийшли на зміну FOGRA39, а дані FOGRA52 за новим стандартом описують характеристики відбитків тріадних фарб за умов друку на некрейдованому папері (табл.1,2).

**Таблиця 1.** CIE Lab координати, маса і білизна крейдованих паперів

	ISO 12647-2:2013 PS1			ISO 12647-2:2004 Тип 1,2		
	FOGRA 51			FOGRA 39		
Характеристичні дані	Крейдована преміум			Крейдований глянцевиий або матовий		
Тип поверхні	80-250 (115)			115		
Маса, г/м <sup>2</sup>	105-135			не вказано		
Білизна CIE	10-80			35/65		
Глянець	Координати			Тип поверхні		
Колір	L	a	b	L	a	b
	Біла підложка	95	1	-4		
Чорна підложка	93	1	-5	93	0	-3
Допуск	±3	±2	±4	±3	±2	±2
Флуорисценсія	помірна			не вказано		

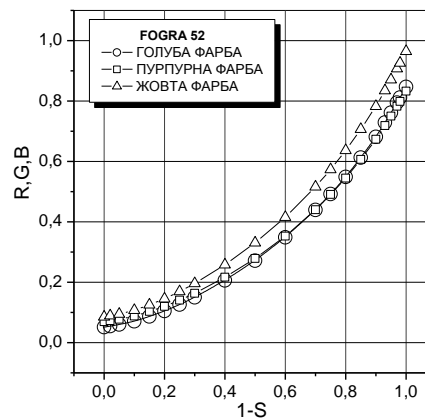
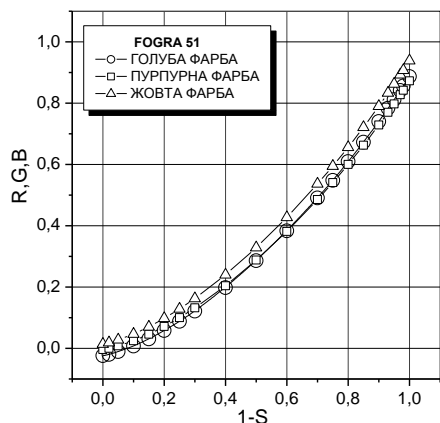
**Таблиця 2.** CIE Lab координати, маса і білизна некрейдованих паперів

	ISO 12647-2:2013 PS5			ISO 12647-2:2004 Тип 4		
	FOGRA 52			FOGRA 47		
Характеристичні дані	Не крейдований без вмісту деревної маси			Не крейдований білий		
Тип поверхні	70-250 (120)			115		
Маса, г/м <sup>2</sup>	140-175			не вказано		
Білизна CIE	5-15			3		
Глянець	Координати			Тип поверхні		
Колір	L	a	b	L	a	b
	Біла підложка	95	1	-4		
Чорна підложка	92	1	-5	92	0	-3
Допуск	±3	±2	±2	±3	±2	±2
Флуорисценсія	висока			не вказано		

Використання у дослідженні колориметричних характеристик багатофарбових відбитків [3] дає змогу дослідити особливості кольоровідтворення за умов друку, що відповідають нормам нової редакції стандарту ISO 12647-2:2013. Для цього буде використано сучасні методи цифрової обробки зображень на основі координат кольору в міжнародній системі CIE LAB [4-6]. Ці методи базуються на визначенні коефіцієнту  $\gamma$ , що характеризує ступінь нелінійності конкретного репродукційного процесу відносно колірному простору Adobe RGB (1988). Навіть в стандартизованому

процесі є велика кількість факторів, що впливають на відтворення кольору. Запропонований показник  $\gamma$  враховує різні фактори впливу на величину нелінійності відтворення тріадних фарб, а саме – тип паперу, лініатура растра, тип копіювального шару, особливості процесу друку та ін.

Метод визначення показника нелінійності [4] передбачає побудову експериментальних залежностей координат R (за голубою фарбою), G (за пурпурною фарбою) і B (за жовтою фарбою) відносно величини I-S (рис. 1).



**Рис. 1.** Нелінійні характеристики тріадних фарб за ISO 12647-2:2013:  
а- на крейдованому папері; б- на некрейдованому папері

Для обробки залежностей, представлених на рисунку 1, використано прикладний пакет апроксимуючих степеневих функцій комп'ютерної програми Origin. Для знаходження показника степеня  $\gamma$  записано нелінійні рівняння (1-3) у вигляді степеневих функцій для одно-фарбових відбитків реального друкарського процесу:

$$R = R_c + (R_0 - R_c)(1 - S_c)^{\gamma_c}; \quad (1)$$

$$G = G_m + (G_0 - G_m)(1 - S_m)^{\gamma_m}; \quad (2)$$

$$B = B_y + (B_0 - B_y)(1 - S_y)^{\gamma_y}. \quad (3)$$

Величезний вплив на відтворення кольору на відбитку має розтискування, яке, в свою чергу в значній мірі залежить від типу матеріалу, що задруковується.

В роботі [5] було показано, що показник  $\gamma$  характеризує розтискування для кожної фарби. Виведено залежність між показником  $\gamma$  і ступенем розтискування та записано формулу для розрахунку розтискування стосовно кожної тріадної фарби.

Якщо розглядати загальний випадок градаційної характеристики растрового зображення як залежність координат кольору  $C (R, G, B)$  відносно площі  $S$  растрових елементів, то нелінійність, яка з високою точністю

описується показником  $\gamma > 1$ , характеризуватиме величину розтискування  $\Delta S$  для кожної фарби відносно "ідеальних" умов друку  $\gamma = 1$ . Виходячи з означення величини розтискування  $\Delta S$  як різниці між заданими відносними площами растрових елементів і відносними площами растрових елементів з урахуванням показника нелінійності  $\gamma$  на відбитку, записано формулу:

$$\Delta S = 100 \left[ (1 - S) - (1 - S)^{\gamma} \right], \quad (4)$$

де  $S$  – відносна площа растрової точки;  $\gamma$  – показник нелінійності друкарського процесу.

Авторами розроблено програму «FindBaseVectors», що дає змогу автоматично отримувати числові значення  $\Delta S$  для кожної фарби при різних умовах відтворення, за рахунок цифрової обробки координат кольору CIE L\*a\*b\*, що відповідають полям досліджуваних шкал на відбитках. В програмі є можливість побудови залежностей, які показують відсоток розтискування для усіх полів кольорових шкал.

**Обговорення результатів.** Одержані значення величини показника нелінійності, з врахуванням технологічних параметрів офсетного друку згідно стандартів ISO 12647-2:2004 та ISO 12647-2:2013, представлено в таблиці 3.

**Таблиця 3.** Числові значення показника нелінійності за експериментальними даними інституту FOGRA

Номер даних FOGRA, рік коротка форма ISO	Спосіб друку, тип копіювального шару	Колір підложки	Коефіцієнт нелінійності $\gamma$		
			Голуба, С	Пурпурна, М	Жовта, Y
FOGRA51, 2015	Офсет, позитивний	білий	1,585	1,61	1,586
FOGRA39, 2007	Офсет, позитивний	чорний	1,48	1,52	1,505
FOGRA52, 2015	Офсет, позитивний	білий	1,978	1,994	1,969
FOGRA47, 2009	Офсет, негативний	чорний	1,74	1,772	1,781

Як і раніше, можна стверджувати, що величина показника нелінійності в значній мірі залежить від типу паперу. На величину колірної охоплення на відбитку впливає шорсткість і пористість паперу. У пористу поверхню некрейдованого паперу фарба всотується в більшій мірі і глибше у порівнянні з гладким крейдованим папером. Показник нелінійності для крейдова-

ного паперу більший по кожній фарбі, як за умовами друку за старим, так і за новим стандартом (табл.3).

Враховуючи незначну різницю у величині  $\gamma$  для паперу тип 1,2 за старим і паперу першого класу PS1 за новим стандартом, можна вважати, що характеристики кольоровідтворення на цьому папері суттєво не зміняться.

**Таблиця 4.** Числові значення показника приросту тону (TVI) за експериментальними даними інституту FOGRA

% точки	Крейдований папір PS1 (Fogra51)			Крейдований папір тип 1,2 (Fogra39)			Некрейдований папір PS5 (Fogra52)			Некрейдований папір тип 4 (Fogra47)		
	С	М	Y	С	М	Y	С	М	Y	С	М	Y
98%	1.41	2.21	1.44	1.05	1.25	1.29	1.5	1.53	1.55	1.19	1.40	1.38
95%	3.30	3.81	3.09	2.61	3.07	3.18	3.73	3.8	3.86	2.92	3.34	3.48
90%	5.80	5.85	5.45	4.99	5.89	6.12	7.13	7.26	7.42	5.64	6.36	6.76
85%	7.18	7.41	7.35	7.04	8.34	8.69	9.81	10.05	10.35	8.11	9.13	9.74
80%	8.47	8.31	8.45	8.70	10.22	10.77	12.34	12.65	13.11	10.26	11.52	12.31
75%	9.05	11.01	9.57	9.91	11.57	12.32	14.36	14.74	15.32	12.02	13.62	14.41
70%	10.25	11.85	11.25	10.82	12.68	13.52	16.12	16.6	17.28	13.51	15.37	16.21
60%	11.98	13.45	13.28	11.72	13.81	14.63	18.65	19.32	2.2	15.63	17.81	18.65
55%	10.79	10.70	12.79	11.60	13.90	14.63	19.58	20.32	21.23	16.19	18.43	19.31
50%	10.00	12.05	13.10	11.43	13.67	14.42	20.19	20.98	21.94	16.41	18.62	19.57
40%	9.52	10.38	12.28	10.52	12.31	13.13	20.45	21.36	22.28	15.84	17.97	18.94
30%	6.53	8.32	10.47	8.51	10.15	10.77	19.1	19.98	20.88	14.03	15.91	16.63
25%	6.51	7.80	8.81	7.39	8.80	9.25	17.61	18.41	19.3	12.52	14.37	14.91
20%	5.96	7.58	8.91	6.32	7.22	7.56	15.69	16.42	17.18	10.57	12.44	12.80
15%	4.73	7.31	6.85	4.84	5.63	5.91	12.95	13.55	14.2	8.50	9.93	10.26
10%	1.90	3.19	4.16	3.32	3.93	4.02	9.64	10.09	10.6	6.09	7.03	7.30
7%	0.53	2.04	2.70	2.34	2.84	2.77	7	7.35	7.72	4.48	5.10	5.29
5%	0.54	1.76	2.37	1.67	2.03	1.99	5.11	5.34	5.65	3.31	3.76	3.88
3%	0.59	1.78	1.37	0.94	1.16	1.18	3.16	3.3	3.48	2.07	2.35	2.37
2%	0.27	1.48	0.69	0.58	0.72	0.74	2.12	2.22	2.34	1.43	1.63	1.60

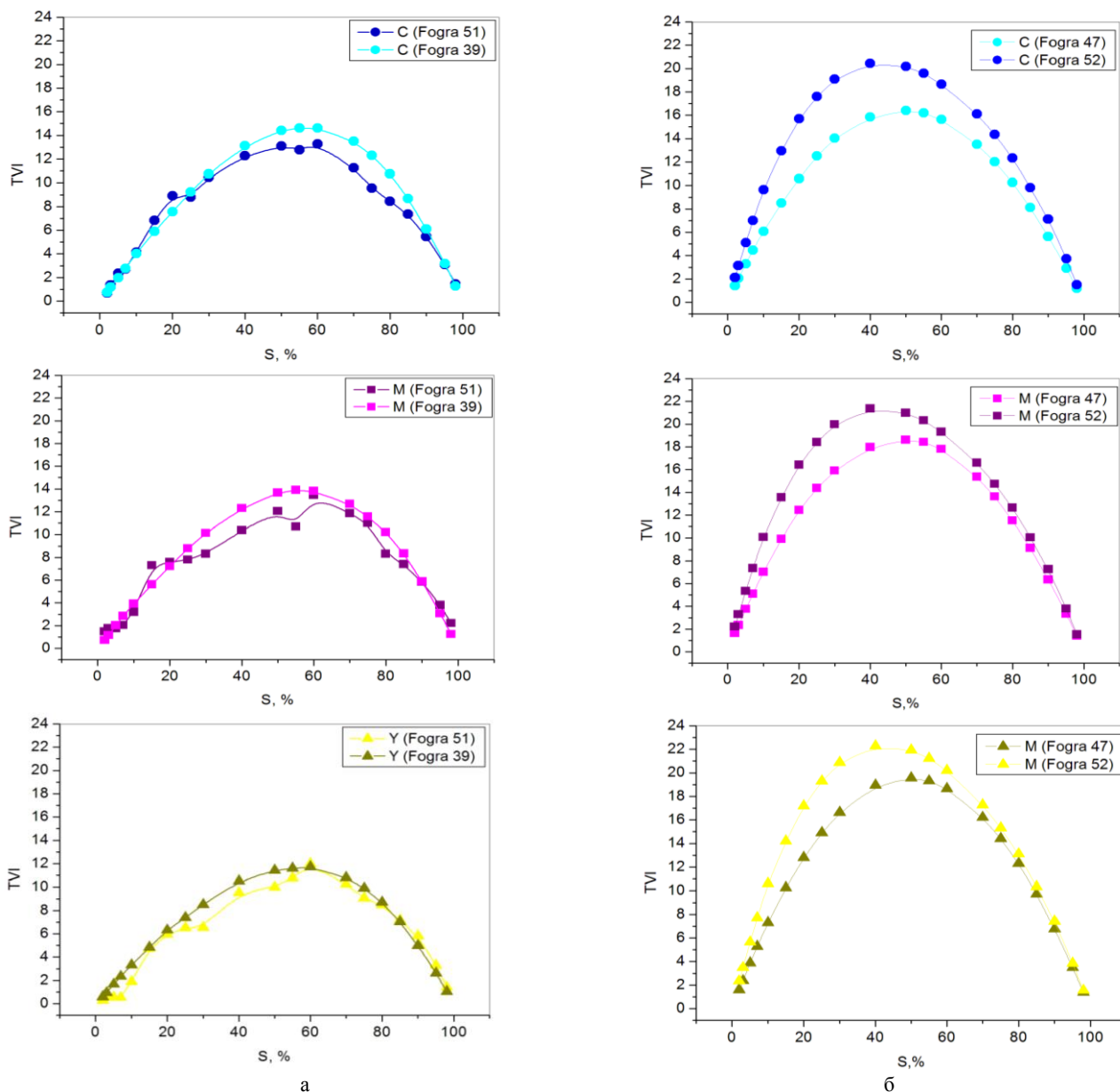


Рис. 2. Криві TVI для тріадних фарб згідно стандартів ISO 12647-2:2004 та ISO 12647-2:2013  
а – для крейдованих паперів, б – для некрейдованих паперів

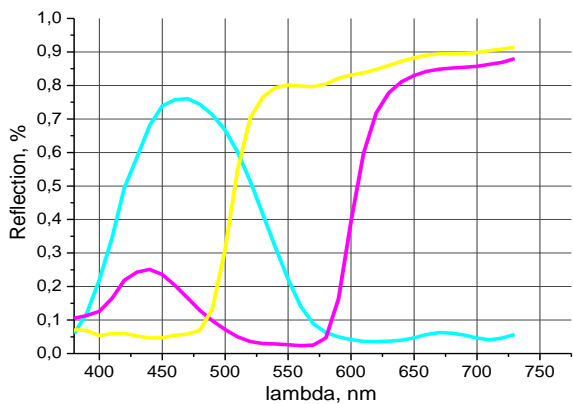


Рис. 3. Спектральні криві відбивання голубої, пурпурної та жовтої фарб

Більшою є різниця у величині показника нелінійності  $\gamma$  для некрейдованих паперів, за старим і новим стандартами, що в середньому складає 0,25 по кольорових фарбах. Це може пояснюватись тим, що характеристичні дані FOGRA52, більше відображають особливості

реального процесу, ніж FOGRA47. Координати  $L^*a^*b^*$  білої точки 93 3 -10, відповідають типовому офсетному паперу і відрізняються від вказаних у новому стандарті 95 1 -4. Тому і профілі, побудовані за цими даними називаються не як ISO, а як PSO.

Папір, який у колишньому стандарті відносився до четвертого типу, у новому ISO 12647-2:2013 містить оптичні відбілювачі і має найбільший рівень флуоресценції (табл. 2).

При оцінюванні результатів дослідження кологіметричних параметрів необхідно врахувати, що всі спектральні вимірювання, на підставі яких обчислені координати CIE  $L^*a^*b^*$  для усіх типів паперу і фарб у новому стандарті були виконані з фільтром M1 (D50). При вимірюванні однакових зразків фарб на вибілених паперах показує характерний флуоресцентний синій зсув за фільтром M1 в порівнянні з фільтром M0.

Для порівняльної характеристики величини розтискування на різних типах паперу вибрано експериментальні дані FOGRA [3], які покладені в основу розробки стандартизованих умов офсетного друку. На основі координат  $L^*a^*b^*$  розраховано приріст тону (TVI) для кожної з тріадних фарб при друці на крейдованому та некрейдованому папері (табл. 4).

Отримані результати досліджень показують, що для офсетного друку на крейдованому папері оптимальна величина розтискування  $\Delta S=12-14\%$ , тоді як на некрейдованому папері розтискування фарб зростає і складає величину  $\Delta S=16-23\%$ . Однак, якщо порівнювати розтискування при друці на відповідних типах паперу, то з рис. 2 видно, що для крейдованих паперів криві приросту тону (TVI) близькі для кожної з тріадних фарб: відхилення в розтискуванні на паперах тип 1,2 та на паперах **PS1** складає приблизно 1%. Тоді як для некрейдованих паперів різниця суттєва по кожній фарбі. Максимальний приріст тону на папері типу **PS5** в середньому на 4 % більший за аналогічний параметр при друці на папері тип 4. Тобто умови друку на некрейдованому папері, визначені новою редакцією стандарту більш наближені до реальних умов друку. При розрахунку показника нелінійності за даними, на яких базується ISO 12647-2:2013 (результати приведено у табл. 3), видно, що значення  $\gamma$  є більшим по кожній з тріадних фарб, а це підтверджує залежність: чим біль-

ше значення показника нелінійності, тим більший відсоток розтискування.

В 2015 році вперше інститутом Fogra було представлено спектральні дані відбитку шкал на крейдованому папері PS1, що містять 1617 полів, в тому числі чистих тріадних фарб та різних комбінацій їх накладань і чорної фарби. На рисунку 3 побудовано спектральні криві відбивання для відбитків 100% полів чистих фарб за умов друку FOGRA51.

Ця інформація цінна тим, що при усьому різноманітті асортименту фарб для офсетного друку та фірмовиробників, новим стандартом представлено спектральні характеристики відбитків фарб, що в свою чергу відповідають ISO 2846-1 [7], може служити для порівняльної характеристики і практичного визначення відповідності європейським нормам.

**Висновки.** Досліджено характеристики кольоровідтворення відбитків за методами, які базуються на обробці характеристичних даних FOGRA, що описують процес офсетного друку на різних типах паперу. На основі розрахованих значень показника нелінійності відтворення кольору на паперах тип 1,2 (ISO 12647-2:2004) та PS1 (ISO 12647-2:2013) можна стверджувати, що перехід на нові норми при друці на крейдованому папері для друкарень, що слідує вимогам стандарту, не складе труднощів. Різниця значень показника нелінійності  $\gamma$  в новій і старій редакціях ISO 12647-2 знаходиться в межах 0,08-0,1.

При організації репродукційного процесу на некрейдованому папері за рекомендаціями нового стандарту потрібно врахувати більш суттєві відмінності. Показник  $\gamma$  для умов друку на PS5 в середньому на 0,23 більший за той ж параметр, визначений для паперу тип 4. Це підтверджує, розрахований показник TVI для тріадних фарб.

Побудовано графіки і подано значення приросту тону при друці на різних типах паперу, що може бути використано для компенсації розміру растрової крапки на додрукарському етапі підготовки цифрових зображень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints. Part 2: Offset processes. – Graphic technology. – Geneva, Switzerland. – ISO/DIS 12647-2:2013.
2. European Color Initiative (ECI) / URL: <http://www.eci.org/en/start>
3. FOGRA characterisation data for offset: International Color Consortium / URL: <http://www.color.org/FOGRA.html>
4. Шовгенюк М.В. Характеристики відбитків тріадних фарб у кольоровому просторі Adobe RGB / М.В. Шовгенюк, Н.В. Занько, Н.С. Писанчин // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. праць. – Львів : УАД, 2007. – № 19. – С. 203-222.
5. Занько Н.В. Оцінка розтискування тріадних фарб на основі показника нелінійності / Н.В. Занько, Н.С. Писанчин, М.В. Шовгенюк // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. праць. – Львів : УАД, 2008. – № 20. – С. 247-259.
6. Занько Н.В. Модель автотипного синтезу кольорів реальними фарбами / Н.В. Занько, Н.С. Писанчин, М.В. Шовгенюк // Управління розвитком : зб. наук. робіт. – Харків, 2008. – № 15. – С. 87-89.
7. Graphic technology – Color and transparency of printing ink sets. – ISO 2846-1. – Part 1 : Offset printing. – ISO Geneva, 1997.

#### REFERENCES

1. Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints. Part 2: Offset processes. – Graphic technology. – Geneva, Switzerland. – ISO/DIS 12647-2:2013.
2. European Color Initiative (ECI) / URL: <http://www.eci.org/en/start>
3. FOGRA characterisation data for offset: International Color Consortium / URL: <http://www.color.org/FOGRA.html>
4. Shovhenyuk, M.V. Characteristics of process inks prints in color space Adobe RGB / M.V. Shovhenyuk, N.V. Zanko, N.S. Pysanchyn // Computer Technology Printing: Coll. Science. works. – Lviv: UAH works, 2007. – № 19. – P. 203-222.
5. Zanko, N.V. Dot gain evaluation of triad color based on the index of nonlinearity / N.V. Zanko, N.S. Pysanchyn, M.V. Shovhenyuk // Computer technologies of Printing: Coll. Scie. Works. – Lviv: Ukrainian Academy of Printing, 2008. – № 20. – P. 247-259.
6. Zanko, N.V. Model of avtotype synthesis of colors by real paints / N.V. Zanko, N.S. Pysanchyn, M.V. Shovhenyuk // Development Management: Coll. Scie. Works. – Kharkiv, 2008. – № 15. – P. 87-89.
7. Graphic technology – Color and transparency of printing ink sets. – ISO 2846-1. – Part 1 : Offset printing. – ISO Geneva, 1997.

#### Research colorimetric parameters prints according to standard ISO 12647-2:2013

**B. M. Kovalskiy, N. V. Zanko, N. S. Pysanchyn, M. V. Shovgenyuk**

**Abstract.** Based on colorimetric characteristics colored prints, defined degree of nonlinearity reproduction of colors in the conditions standardized offset printing relative color space Adobe RGB (1988). TVI is calculated on the prints obtained on standards ISO 12647-2:2013. The comparative percentage of dot gain characteristics of screen elements on different types of paper regulated by norms and previous revised standard, TVI.

**Keywords:** colorimetric characteristics of process inks, standard ISO, spectral values, index of non-linearity of printing process

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

The journal is published by the support of  
Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

Készült a Rózsadomb Contact Kft nyomdájában.  
1022 Budapest, Balogvár u. 1.  
[www.rcontact.hu](http://www.rcontact.hu)